

$$W^{t+1} = W^t - \alpha_{t+1}(W^t - W^*) \cdot e$$

$$W^{t+1} = W^t - \alpha_{t+1}(W^t - W^*)$$

$$\sigma^{t+1}(a_i, b_h) = \left[\sum_{j=1}^c w_j^t c_j(a_i, b_h) \right] E^1 - \left[\sum_{j=1}^c w_j^t c_j(a_i, b_h) \right] E^2$$

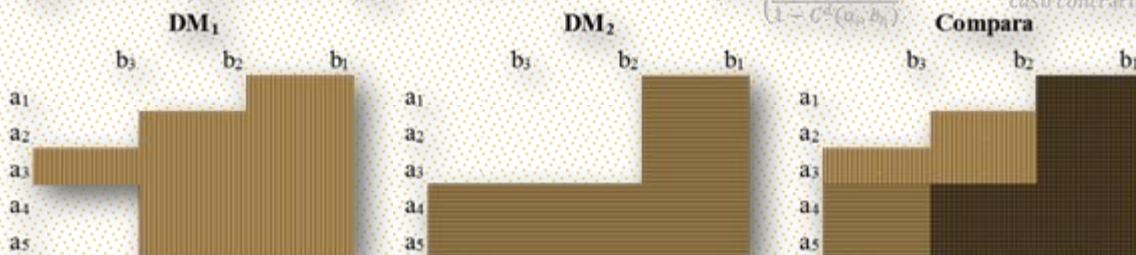
$$\sigma^{t+1}(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^c E^1 w_j^t c_j(a_i, b_h) - \sum_{j=1}^c E^2 w_j^t c_j(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^c (E^1 w_j^t - E^2 w_j^t) c_j(a_i, b_h)$$

$$C^{t+1}(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^c w_j^{t+1} c_j(a_i, b_h) - \sum_{j=1}^c w_j^t c_j(a_i, b_h)$$

Onde $E^2 = \prod_j e_j^t, e$

$$C^{t+1}(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^c w_j^{t+1} c_j(a_i, b_h) - \sum_{j=1}^c w_j^t c_j(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^c (w_j^{t+1} - w_j^t) c_j(a_i, b_h)$$

$$e_j^t = \begin{cases} 1 & \text{se } D_j(a_i, b_h) \leq C^t(a_i, b_h) \\ 1 - D_j(a_i, b_h) & \\ 1 - C^t(a_i, b_h) & \text{caso contrário} \end{cases}$$



Francineide de Moraes Bezerra

APOIO MULTICRITÉRIO À CONSTRUÇÃO DE CONSENSO: APLICAÇÃO À PROBLEMÁTICA DA CLASSIFICAÇÃO

Tese de Doutoramento em Gestão-Ciência Aplicada à Decisão, sob orientação do Prof. Doutor Manuel Paulo de Albuquerque Melo e do Prof. Doutor João Paulo Faria de Oliveira e Costa e apresentada à Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.

Setembro/2015



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FEUC FACULDADE DE ECONOMIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Francineide de Moraes Bezerra

Apoio Multicritério à Construção de Consenso: aplicação à problemática da classificação

Tese de Doutoramento em Gestão Ciência Aplicada à Decisão apresentada à Faculdade de
Economia da Universidade de Coimbra para obtenção do grau de Doutor

Orientadores: Prof. Doutor Manuel Paulo de Albuquerque Melo e do Prof. Doutor João
Paulo Faria de Oliveira e Costa

Coimbra, 2015

Dedicatória

*Dedico este trabalho à minha mãe,
in memoriam*

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Paulo Melo e João Paulo Costa, pela paciência, incentivo e apoio imprescindíveis durante toda essa longa jornada.

À Universidade de Coimbra e ao INESC Coimbra

A todos os professores do meu programa de doutoramento, em especial aos professores doutores João Clímaco e Luís Dias, pela inspiração para este trabalho.

Ao grupo de decisores do estudo caso: Adriana Santiago, Cecília Barroso, Erwin Schrader e Selma Peres, pessoas brilhantes que forneceram grandes contribuições para o estudo.

À minha família querida, meu pai Francisco, minhas irmãs Cristiane e Neiara e aos meus irmãos, “os meninos”, pelo amor incondicional.

A todos os meus amigos, simplesmente por existirem e em especial à Thais, Neiara e Léo pelas estadias em Coimbra e Lisboa, visitas a Dublin, dicas académicas... enfim, por todo o enorme carinho e atenção.

Ao meu marido David Gaffney, por tudo.

*Mude, mas comece devagar,
porque a direção é mais
importante que a velocidade*

*Que ninguém se engane,
só se consegue a simplicidade
através de muito trabalho*

Clarisse Lispector

Resumo

É cada vez mais frequente que as decisões importantes e complexas nas estruturas organizacionais modernas sejam tomadas não por um único indivíduo, mas por grupos de pessoas. Muitos desses grupos buscam soluções coletivamente construídas, através de processos que considerem os múltiplos aspectos relevantes do problema, de maneira transparente e efetiva. O contexto de decisão focado neste trabalho trata-se daquele onde um grupo cooperativo deseja ou precisa chegar a um resultado de consenso e que, por essa razão, deve constituir-se por indivíduos motivados a contribuírem com seu ponto de vista, conhecerem as perspectivas dos outros membros do grupo e a enriquecerem conjuntamente a sua compreensão de uma questão relevante. Mas além de multipessoas a abordagem adotada é multicritério, uma vez que são considerados explicitamente as avaliações das alternativas ou ações em cada um dos critérios importantes para a decisão, sendo os critérios mensurados quantitativamente ou qualitativamente. A complexidade inerente ao problema sugere a necessidade de ferramentas e metodologias desenvolvidas no sentido de apoiar o grupo em tal processo. Este trabalho propõe um modelo, VICA (*Visual, Interactive and Comparative Analysis*) para apoiar a construção de consenso em processos de decisão multicritério e multipessoas. A proposta baseia-se num método pertencente à área *Multiple Criteria Decision Aid* (MCDA) e pretende oferecer apoio através de análises comparativas, visuais e interativas das opiniões individuais. No contexto específico, partindo-se das perspectivas que fundamentam a proposta, foi criada, testada e analisada uma ferramenta de apoio ao consenso do grupo para a problemática da classificação usando o método ELECTRE TRI. O modelo VICA-ELECTRE TRI parte da consideração explícita dos desempenhos das alternativas nos diversos critérios e dos pontos de vista e resultados individuais. O aprendizado do grupo é facilitado através de ferramentas modeladas para analisar desempenhos e resultados sejam eles parciais, globais, individuais ou de grupo, de maneira comparativa, interativa e evolutiva. Além disso, são apontados meios possíveis para se alcançar o consenso, sob a forma de modificações ou concessões dos indivíduos em diferentes processos de uso. Em síntese, o que a proposta pretende é construir um caminho acessível para reduzir a complexidade do problema, apresentar informação sobre o estado em que cada elemento do grupo se encontra no processo de

decisão e apoiar o grupo na busca de consenso. Visando apresentar e avaliar a ferramenta e o processo de uso propostos, o modelo desenvolvido é apresentado através de exemplos numéricos de casos retirados da literatura e considerados em diferentes contextos. Sua aplicação no mundo real é também verificada através de um estudo de caso. O modelo foi desenvolvido em folha de cálculo com o objetivo de torná-lo tão acessível quanto possível, bem como incentivar sua aceitação e sua aplicação efetiva. Ele faz uso extensivo das análises *What if* combinadas a recursos visuais como um mecanismo para construir diferentes versões do modelo e evoluir para uma versão de consenso. Dessa forma, também se espera que o trabalho venha a contribuir para promover o conhecimento e a aplicação dos métodos MCDA nas organizações.

Palavras-chave: Multicritério; Decisão em grupo; Classificação; Apoio à decisão; ELECTRE TRI

Abstract

It is becoming increasingly more common that important and complex decisions in modern organizations are made not by a single individual, but by a group of individuals. Many of these groups seek solutions collectively constructed through processes that consider the many significant aspects of the problem, in order to achieve transparent and effective results. The decision context focused on is the one where a cooperative group wants or needs to reach a consensual result and therefore should have people willing to contribute with their own point of view, to learn about other members perspectives and to enrich conjointly the understanding of a relevant issue. Besides being multiperson, the approach is also Multicriteria, since it explicitly considers the evaluations of the alternatives in each criterion of a set. These criteria can be measured in different scales, either qualitative or quantitative. The inherent complexity of the problem suggests the need of tools and methodologies intended to provide support in such a construction. This work proposes a model-VICA (*Visual, Interactive and Comparative Analysis*) to support the building of consensus in multi-criteria and multi-person process. The proposed tool builds on a method of the prominent Multiple Criteria Decision Aid (MCDA) area. It offers support through comparative, visual and interactive analysis of individual opinions. In the specific context and underlying perspective of the approach taken, a tool was created, tested and analyzed in order to support the group consensus using the ELECTRE TRI method. The application of VICA-ELECTRE TRI has its starting point on the explicit consideration of the performances of the alternatives or courses of actions on each of the criterion set, the different points of view of the individuals and consequently, their different results. The group learning process is facilitated through tools modeled to analyze performances and results, in several forms, ie partial, overall, individual or aggregated, also in a comparative, interactive or evolving way. Furthermore, means to achieve a consensual result are pointed through modifications or concessions of group members in different possible processes of use. In summary, the work intends to establish an accessible way to reduce the complexity, providing information about the state of each element of the group in the decision process while supporting the group to reach consensus. Aiming to present and evaluate the model and the proposed user process, the developed tool is tested through numerical examples

taken from the literature and used in different contexts. Its application in a real world situation is also verified through a case study. The model was developed in spreadsheet in order to make it as accessible as possible and to encourage its acceptance and effective application. It extensively uses the *What if* analyses combined with visual tools as a way to build different versions of the model and its corresponding results, in order to evolve to a consensual version. Hopefully the work will contribute to promoting knowledge and application of MCDA methods in organizations.

Keywords: Multi-criteria; Group decision; Sorting, Decision Aid; ELECTRE TRI

Lista de Siglas

AGAP	Aid to Groups of Analysis and evaluation of Projects
AR	Análise de Robustez
AHP	Analytic Hierarchy Process
DM	Decision Maker
DSS	Decision Support System
CAD	Ciência do Apoio à Decisão
ELECTRE	ELemination Et Choix Traduisant la REalité
ENS	E-Negotiation System
FIS	Fuzzy Inclusion Sorting
FlowSort	Flow-based Sorting Method
FPP	Filtering by Strict Preference
GAIA	Graphical Analysis for Interactive Aid
GDSS	Group Decision Support System
GSS	Group Support System
IO	Investigação Operacional
MAMCA	Multi-actor Multi-criteria Analysis
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MAVT	Multi-Attribute Value Theory
MCDA	Multiple Criteria Decision Aid
MOMLIP	Multiple Objective Mixed Integer Program
MS	Management Science
ROR	Robust Ordinal Regression

OR	Operational Research
ORCLASS	Ordinal Classification
PAIRCLS	Pairwise Classification
PCA	Principal Components Analysis
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
PromSort	PROMETHEE Sorting Method
SMAA	Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis
SODA	Strategic Options Development and Analysis
TBU	Totally ordered, Bounded and Unlimited
TEFL	Teaching English as a Foreign Language
TriGDist	ELECTRE TRI-G Distribuído
TOMASO	Tool for Ordinal Classification
UTA	Utilité Additive
UTADIS	Utilité Additive Discriminantes
VICA	Visual Interactive Comparative Analysis
VIP	Variable Interdependent Parameter Analysis
V.I.S.A.	Visual Interactive Sensitivity Analysis

Lista de Figuras

Figura 1 - Enquadramento do trabalho	6
Figura 2 - O consenso ampliado	21
Figura 3 - Exemplo de <i>displays</i> do V.I.S.A	36
Figura 4 - Diagrama de Conflito.....	37
Figura 5 - Estado do consenso	38
Figura 6 - Um <i>display</i> do TRIMAP	39
Figura 7 - Representação de um <i>stakeholder</i> - Análise MAMCA.....	41
Figura 8 - Visualização com contornos fechados	42
Figura 9 - Visualização de sobreposição	43
Figura 10 - A problemática de classificação.....	45
Figura 11 - Matriz para comparações (a_i, b_h) por critério.....	68
Figura 12 - Exemplo de interpretação de um resultado (DM_1)	69
Figura 13 - Matriz Rd	70
Figura 14 - <i>Display</i> para visualização da comparação entre dois resultados individuais....	72
Figura 15 - Resultados $V(a_i, b_h)$ possíveis para $a_i S b_h$:	75
Figura 16 - Relações entre χ , x , y e λ	76
Figura 17 - Fluxograma do processo	85
Figura 18 - O Caso.....	90
Figura 19 - Dados partilhados.....	91
Figura 20 - A folha Classes.....	92
Figura 21 - Pesos.....	92
Figura 22 - Modificando G	106

Figura 23 - Exemplo simplificado	108
Figura 24 - Exemplo de modificações em W	111
Figura 25 - Concessões e modificações	112
Figura 26 - Desempenhos a_i por critério	119
Figura 27 - Alocações individuais e do grupo para $G = M$ com $\lambda = 0.6$	120
Figura 28 - Análise do G-consenso para $G = 4$ e $\lambda = 0.6$	122
Figura 29 - Comparação DM_3 e DM_4 para $\lambda = 0.84$	123
Figura 30 - Combinações $\alpha_{3 \rightarrow 4}$ e $\alpha_{4 \rightarrow 3}$ e $\lambda = 0.84$ que resultam em consenso	127
Figura 31 - Concessões bilaterais entre DM_3 e DM_4 para $\lambda = 0.84$	128
Figura 32 - Resultados individuais iniciais	133
Figura 33 - Índices de credibilidade e resultados	134
Figura 34 - G-consenso para $G = 4$	134
Figura 35 - Número de alternativas em G-consenso para $G = 3$ variando λ	136
Figura 36 - Análise de cenários	138
Figura 37 - Desempenhos relativos de a_i por critério	139
Figura 38 - Comparação dos resultados DM_3 e DM_1	140
Figura 39 - Introdução de concessões	141
Figura 40 - Análise de cenários para o novo modelo	147
Figura 41 - Representação visual das categorias originais	149
Figura 42 - Nova representação visual das categorias	149
Figura 43 - Limites das classes	159
Figura 44 - Resultados individuais iniciais	161
Figura 45 - Fluxograma do processo para a Busca de consenso	163
Figura 46 - Análise de cenário do estudo de caso	164
Figura 47 - Fluxograma do processo para a Construção de consenso	165

Figura 48 - Desempenhos de a_5	168
Figura 49 - Comparação entre DM_3 e DM_4	169
Figura 50 - Cenário para o caso de risco falência das empresas.....	201

Lista de Quadros

Quadro 1 - Proposições do estudo	14
Quadro 2 - MCDA: mitos e fatos.....	29
Quadro 3 - Estrutura da ferramenta VICA.....	89
Quadro 4 - Caminhos da investigação sobre robustez em Vetschera <i>et al.</i> (2010)	99
Quadro 5 - Estrutura da análise.....	101
Quadro 6 - Perfil dos decisores.....	157

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Revisões DM ₁ com $\lambda = 0.84$	124
Tabela 2 - Revisões DM ₃ com $\lambda = 0.84$	124
Tabela 3 - Revisões DM ₁ com $\lambda = 0.92$	124
Tabela 4 - Revisões DM ₂ com $\lambda = 0.92$	125
Tabela 5 - Revisões DM ₃ com $\lambda = 0.92$	125
Tabela 6 - Distância entre os vetores de pesos entre os DMs	125
Tabela 7 - Revisões DM ₃ com $\lambda = 1$	126
Tabela 8 - W^d iniciais e W^G calculado	129
Tabela 9 - De DM ₁ para DM _G com $\alpha_{1 \rightarrow G} = 80\%$	129
Tabela 10 - De DM ₂ para DM _G com $\alpha_{2 \rightarrow G} = 78\%$	130
Tabela 11 - De DM ₃ para DM _G com $\alpha_{3 \rightarrow G} = 94\%$	130
Tabela 12 - De DM ₄ para DM _G com $\alpha_{4 \rightarrow G} = 82\%$	130
Tabela 13 - Pesos dos critérios segundo cada DM	132
Tabela 14 - Alocações para valores extremos de λ	137
Tabela 15 - Revisões DM ₃ com $\alpha_{3 \rightarrow 1} = 16.5\%$ e $\lambda = 0.76$	142
Tabela 16 - Revisões DM ₃ com $\alpha_{3 \rightarrow 2} = 32.5\%$ e $\lambda = 0.76$	142
Tabela 17 - Revisões DM ₄ com $\alpha_{4 \rightarrow 1} = 75.5\%$ e $\lambda = 0.76$	143
Tabela 18 - Revisões DM ₄ com $\alpha_{4 \rightarrow 2} = 45.5\%$ e $\lambda = 0.76$	143
Tabela 19 - Um possível resultado de consenso	143
Tabela 20 - Distância euclidiana entre os vetores	144
Tabela 21 - Alocação resultante das concessões combinadas	145
Tabela 22 - Revisões DM ₄	145

Tabela 23 - Revisões DM ₂	145
Tabela 24 - Revisões DM ₄ para o modelo com v_j	147
Tabela 25 - Resultados com v_j após concessões combinadas	148
Tabela 26 - Valores b_h com base em percentis.....	150
Tabela 27 - Divergências dois a dois	162
Tabela 28 - Modificações de DM ₂ para consenso com DM ₃	166
Tabela 29 - Modificações de DM ₁ para consenso com DM ₃	166
Tabela 30 - Modificações de DM ₄ para consenso com DM ₃	166
Tabela 31 - Descrição das categorias	198
Tabela 32 - Descrição dos critérios.....	198
Tabela 33 - Desempenho dos perfis (limite entre as classes)	198
Tabela 34 - Limiares e importância relativa dos critérios por DM.....	199
Tabela 35 - Desempenho das alternativas em cada critério	199
Tabela 36 - Desempenho das alternativas em cada critério	202
Tabela 37 - Parâmetros do modelo	202
Tabela 38 - Importância relativa dos critérios atribuídas por cada DM.....	202
Tabela 39 - Desempenhos dos perfis das classes	203
Tabela 40 - Alocações resultantes no estudo original.....	203
Tabela 41 - Resultados probabilísticos das simulações em Tervonen <i>et al.</i> (2009)	204
Tabela 42 - Desempenho dos Estudantes.....	207
Tabela 43 - Parâmetros do modelo	207
Tabela 44 - Importância relativa dos critérios atribuídas por cada DM.....	208
Tabela 45 - Desempenhos dos perfis das classes	208
Tabela 46 - Alocações resultantes no estudo de caso	209

Índice

1	Introdução	1
1.1	O modelo VICA-ELECTRE TRI	6
1.2	Da metodologia científica	9
1.3	Estrutura do trabalho	14
<i>Parte I - Revisão da Literatura</i>		17
2	Apoio Multicritério à Decisão em Grupo	19
2.1	Consenso: o conceito ampliado	19
2.2	A Ciência do Apoio à Decisão (CAD): perspectiva construtivista.....	22
2.3	Apoio Multicritério à Decisão: métodos MCDA.....	25
2.4	As perspectivas fundamentais.....	30
2.4.1	Abordagem orientada ao <i>feedback</i> no apoio à decisão em grupo.....	31
2.4.2	Das ferramentas visuais	34
2.5	Notas conclusivas	43
3	A problemática da Classificação e o Método ELECTRE TRI	45
3.1	Sorting.....	45
3.2	O ELECTRE TRI.....	49
3.3	Notas conclusivas	60
<i>Parte II - A Proposta: o modelo VICA</i>		63
4	Um modelo VICA para o ELECTRE TRI.....	65
4.1	Estruturação do modelo: critérios, alternativas, classes e seus perfis.....	66
4.2	Parâmetros partilhados e individuais e os cálculos do modelo.....	67
4.3	Resultados e suas representações.....	68
4.4	Em busca de UMA solução para o grupo: o consenso	72
4.4.1	Alterando parâmetros.....	74
4.4.2	Reverendo coeficientes de importância relativa dos critérios.....	76
4.4.3	Busca ou construção de consenso	81
4.5	Aplicações do modelo: processos possíveis	83

4.6	A ferramenta	88
4.7	Notas conclusivas.....	93
5	Análise de Versões: conceitos associados e uso no VICA	95
5.1	Análise de Sensibilidade, Robustez e Simulação em MCDA.....	96
5.2	Análise das versões do modelo no VICA	100
5.2.1	Novas versões do modelo: definindo as classes.....	102
5.2.2	Novas versões do modelo: definindo os limiares q_j e p_j	105
5.2.3	Novas versões do modelo: modificando G e λ	106
5.2.4	Novas versões do modelo: modificando W	109
5.3	Notas conclusivas.....	112
<i>Parte III - Validação da Proposta</i>		115
6	Experimentos numéricos.....	117
6.1	O caso da classificação das empresas	118
6.2	O caso das zonas de risco.....	131
6.2.1	Novas versões do modelo: introduzindo v_j	145
6.2.2	Novas versões do modelo: modificando os perfis b_h	148
6.2.3	Novas versões do modelo: modificando q_j e p_j	150
6.3	Notas conclusivas.....	151
7	Aplicação do modelo: estudo de caso	153
7.1	Contexto e planejamento do estudo de caso	153
7.2	Estruturando o problema e decidindo em grupo	157
7.2.1	Análise: levantando os caminhos possíveis	160
7.2.2	Busca e construção de consenso em grupo	167
7.3	Observações do analista	171
7.4	Notas conclusivas.....	175
8	Contribuições esperadas e desenvolvimentos futuros.....	177
Referências Bibliográficas		183
<i>Apêndices</i>		197
Apêndice A - Dados do experimento numérico 1		198
Apêndice B - Cenário do experimento numérico 1.....		201

Apêndice C - Dados do experimento numérico 2.....	202
Apêndice D - Roteiro para orientar as observações do analista no estudo de caso	205
Apêndice E - Procedimentos para a condução do estudo de caso	206
Apêndice F - Dados do estudo de caso	207

A palavra critério no dicionário significa “aquilo que serve de norma para julgar, decidir ou proceder” (Michaelis, 2012). Os processos de tomada de decisão, mesmo os mais corriqueiros e pessoais, e em especial os das organizações, frequentemente têm em consideração, ainda que implicitamente, diferentes fatores ou pontos de vista, sob os quais as questões de interesse são apreciadas. Portanto, podemos afirmar que esses processos raramente são norteados por apenas um aspecto relevante, sendo as decisões tomadas a partir da consideração de múltiplos critérios, que frequentemente encontram-se em conflito.

O critério, conforme compreendido na área de estudo denominada Apoio Multicritério à Decisão (*Multiple Criteria Decision Aid-MCDA*), é uma configuração utilizada para avaliar e comparar ações. Trata-se de um descritor de desempenhos em escalas, quantitativas ou qualitativas, ao qual está associado uma direção de preferência: a maximizar, quanto mais alto seu valor melhor, ou a minimizar, o contrário (Roy, 1999).

Em termos simples, um processo de decisão multicritério, seja ele estabelecido sob a forma de escolha (*choice*), ordenação (*ranking*) ou classificação (*sorting*), é constituído por alguns elementos básicos (Dias, 2000):

- i. Uma situação que se deseja melhorar - **o problema**;
- ii. Possíveis cursos de ação - **as alternativas**;
- iii. Pontos de vista a partir dos quais se possa avaliar e comparar cada uma dessas alternativas- **os critérios**; e
- iv. Pelo menos um decisor- **DM (*Decision Maker*)**.

É cada vez mais comum que as decisões nas organizações, dos mais diversos tipos, sejam tomadas, não por um indivíduo, mas sim por um grupo de pessoas. Segundo Raiffa *et al.* (2002), quanto mais complexa e importante for a decisão, maior será a probabilidade de que um grupo de trabalho cooperativo, aqui incluídos os mais diversos tipos de grupos (comité, *task-force*, painel de especialistas...), seja designado para analisar e apontar soluções para a situação. Zaraté (2013) define três tipos de cooperações possíveis, a depender dos tipos de interações entre os participantes de um grupo:

- i. **Cooperação Complementar** - Cada agente tem tarefas definidas claras, conforme suas capacidades ou contexto. A principal característica desse tipo de cooperação é que não há interferência entre as tarefas. O objetivo geral não precisa ser necessariamente partilhado e a ênfase é colocada na realização das tarefas distribuídas;
- ii. **Cooperação Interdependente** - Cada participante e tarefa depende dinamicamente de suas posições, das posições dos outros e das trocas existentes entre eles. Nesse caso, o objetivo geral precisa de ser conhecido e partilhado por todos os agentes; e
- iii. **Cooperação Negociada** - Os membros têm uma posição a defender ou negociar, com maior ou menor intensidade, posição essa em competição com a posição de outros. A explanação e compreensão das posições têm papel dominante. Cada participante tem seu próprio objetivo que pode, até mesmo, estar oculto ou ser disfarçado.

Segundo Ishizaka e Nemery (2013) uma outra tendência crescente é que se estabeleçam relações cooperativas, onde parceiros ou mesmo rivais trabalham juntos para coletivamente alavancar seus desempenhos, partilhando recursos e obtendo maior eficiência. Referem-se a colaborações estratégicas horizontais entre pessoas ou organizações, isso inclui a noção de cooperação entre firmas descrita de maneiras variadas, como por exemplo: colaboração, parceria, compromisso e unidade de propósito.

Neste trabalho, serão focados os grupos cooperativos conforme estabelecidos em Dias e Clímaco (2005). Nessa perspectiva, os grupos cooperativos possuem características e atuam em contextos distintos da negociação, no sentido clássico do termo. Essas características que distinguem as duas situações, cooperação e negociação, advêm de

diferenças quanto: à convergência de metas e objetivos; às relações de poder e interdependências normalmente presentes; às possibilidades de partilha de informação; e aos comportamentos considerados pertinentes para os seus participantes (sair da negociação, por exemplo). No contexto deste estudo, o grupo cooperativo constitui-se por indivíduos que desejam ou precisam chegar a uma solução de consenso e que, por essa razão, estão dispostos a contribuir para a compreensão partilhada de uma questão relevante.

Uma abordagem possível para lidar com uma situação de decisão é recorrer à utilização de modelos mentais baseados na intuição, experiência e no bom senso, opção que pode ser apropriada para decisões simples e de pouca importância. Entretanto, muitas decisões podem ser de alta complexidade e implicar sérias consequências para muitas pessoas, tanto no curto como no longo prazo. É, especialmente, nesses contextos que se recorrem aos grupos, o que acrescenta benefícios, mas também adiciona dificuldades ao processo, já que, segundo Kersten (1994), as decisões em grupo consistem em dois ou mais participantes envolvidos em dois tipos de atividades das mais complexas: comunicação e tomada de decisão.

Bouyssou *et al.* (2006) apresentam alguns argumentos em favor da utilização de modelos formais para o apoio à decisão em grupo. Segundo eles, esses processos:

- i. Podem ser submetidos mais facilmente à análise crítica detalhada. Em contraste, com o que se verifica quando a intuição e a experiência são submetidas a esse tipo de análise, ocorre que os julgamentos são muitas vezes baseados em heurísticas que podem negligenciar aspectos importantes da situação e/ou ser afetados por muitos vieses.
- ii. Apresentam vantagens cruciais para organizações ou grupos sociais complexos porque:
 - a. Promovem a comunicação entre os atores do processo de decisão ou avaliação, oferecendo-lhes para isso uma linguagem comum;
 - b. Envolvem a construção de modelos. Isso implica focar nas questões que realmente importam, no indispensável, para a solução da questão em pauta. Por isso, os métodos formais podem ser considerados instrumentos de estruturação importantes; e

- c. Prestam-se para análises do tipo “*What if*”. Uma capacidade importante para a convicção nas conclusões.
- iii. A introdução de métodos mais formais para a avaliação das políticas públicas, leis e regulamentações pode contribuir para uma governança mais transparente e efetiva.

Já DeSanctis e Gallupe (1987) afirmam que muitas das justificativas para decisões participativas nas organizações têm fundamentação em ganhar maior aceitação das ideias ou ter maior adesão das pessoas, mais do que reunir um número maior de ideias ou ter melhores ideias em si.

Uma decisão que pretenda combinar explicitamente múltiplos critérios e múltiplos decisores é uma tarefa difícil. Considerar os desempenhos das alternativas, segundo os diferentes critérios, que frequentemente incluem medidas objetivas e julgamentos de valor em escalas qualitativas e subjetivas, de acordo com cada um dos decisores, de modo a alcançar não somente soluções de boa qualidade, mas também coletiva e transparentemente construídas, é uma tarefa exigente e por vezes complexa. Para além destas dificuldades, há que se reconhecer que a informação envolvida no processo está sujeita a alterações em função das interações do grupo, pode ser afetada por imprecisão e naturalmente reflete a incerteza que possa existir no contexto da decisão. Este desafio requer o apoio sob a forma de processos, procedimentos, métodos e ferramentas, que facilitem a tomada de decisão de um grupo.

Este estudo apresenta um modelo VICA (*Visual, Interactive and Comparative Analyses*) para o ELECTRE TRI (Yu, 1992), tendo como objetivo apoiar grupos na busca de soluções justificáveis, transparentes e coletivamente construídas. Ele propõe um caminho acessível para reduzir a complexidade e para enfrentar dois importantes desafios no contexto da classificação multicritério e multipessoas: a apresentação de resultados e o apoio na busca por consenso.

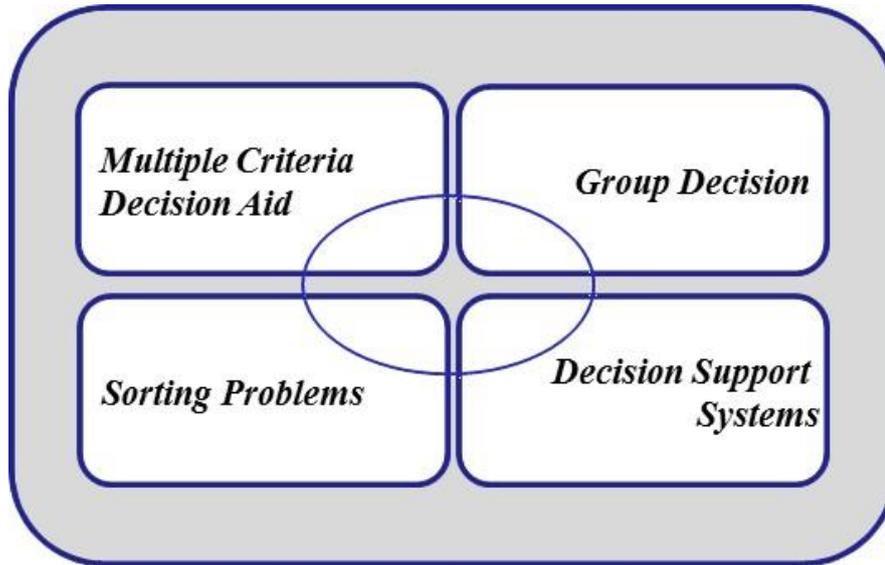
O método ELECTRE TRI (Yu, 1992) pertence a um conjunto de métodos de prevalência- *outranking*- (Roy e Bouyssou, 1993; Dias, 2000; Figueira *et al.*, 2005; e Figueira *et al.*, 2013) da área do Apoio Multicritério a Decisão (MCDA), desenvolvido especialmente para tratar problemas de classificação ordinal ou *sorting*.

O particionamento de um conjunto de objetos (ações, alternativas) em grupos (*clusters*, classes ou categorias) está entre as áreas de estudo mais pesquisadas em diversas disciplinas. Os grupos, classes ou categorias podem ser definidos *a priori* ou *a posteriori*, sendo ordenados ou não. Quando as classes não são ordenadas, ou seja, onde não existe uma hierarquia da melhor para a pior, temos um problema de **classificação nominal**, caso contrário temos um problema de **classificação ordinal** (Doumpos e Zopounidis, 2004). É precisamente sobre esse segundo tipo de problema, classificação **ordenada ou sorting**, que dedicamos atenção neste trabalho, onde usamos as palavras classes e categorias sem distinção. Embora, (Doumpos e Zopounidis, 2002, 2004) considerem diferentes os termos **classification** e **sorting**, para eles, a classificação refere-se ao caso onde os grupos são definidos de maneira nominal em classes e *sorting* (usada em MCDA) refere-se ao caso onde os grupos são definidos de maneira ordenada em categorias.

Apesar do sucesso reconhecido do método ELECTRE TRI, a sua aplicação ainda enfrenta desafios importantes. Segundo Belton e Stewart (2003: 247), o principal problema nas suas aplicações é a necessidade de definição dos muitos parâmetros envolvidos no modelo. Tervonen *et al.* (2009) também afirmam que a definição de valores para os muitos parâmetros do método não é tarefa fácil. Além disso, apontam os autores, considerando a existência de múltiplos decisores com preferências conflitantes, pode mesmo ser impossível alcançar consenso sobre os valores dos pesos dos critérios.

Sobre o enquadramento do trabalho, um dos maiores desafios foi estabelecer uma delimitação para o referencial teórico deste trabalho que fosse coerente com a proposta pretendida. O trabalho está inserido em quatro grandes e dinâmicas áreas de estudo.

Figura 1 - Enquadramento do trabalho



A figura 1 lista as áreas a que nos referimos: *Multiple Criteria Decision Aid* (MCDA)- em especial os métodos de prevalência; *Group Decision*- grupos cooperativos que buscam uma decisão coletiva; *Sorting Problems*- a problemática da classificação ordinal; e *Decision Support Systems (DSS)*- ou mais especificamente *Models*- apoio à decisão com uso de ferramentas ou artefatos como sistemas e modelos. A circunferência no centro da figura indica a área de interseção onde situa-se a proposta deste trabalho.

Percebemos que seria muito difícil neste escopo desenvolver um levantamento completo do estado da arte em todas as quatro grandes áreas. Ainda que tal fosse possível, acabaríamos por dispersar demais o foco da proposta. Dessa forma, centramos esforços em rever a literatura dos trabalhos situados na zona de intersecção da figura, entretanto, sem deixar de considerar as referências fundamentais em cada uma das quatro áreas de estudo relacionadas.

1.1 O modelo VICA-ELECTRE TRI

O VICA-ELECTRE TRI (Bezerra *et al.*, 2008, 2014), aqui proposto, trata-se de um modelo desenvolvido em folha de cálculo para apoiar processos de decisão multicritério, no contexto da problemática da classificação e em grupo. O VICA-

ELECTRE TRI apoia a obtenção de resultados individuais através de parâmetros, alguns dos quais partilhados e outros estabelecidos por preferência pessoal. Partindo desses resultados individuais iniciais, ele concentra esforços em oferecer amplas ferramentas para a visualização de resultados e suas comparações. Ele faz uso dos mais variados recursos disponíveis para desenvolver análises do tipo *What if* (interações diretas, tabelas, cenários) e análises do tipo *How to* que orientam as alterações, cujos resultados podem ser vistos imediatamente. A criação das diversas versões do problema (Roy, 2003) é facilitada pelo modelo, o que permite ajudar o grupo na busca de uma versão de consenso.

A modelação inspira-se numa abordagem orientada ao *feedback*, adaptada da proposta original de Vetschera (1991), combinando ferramentas visuais e interativas, como sugeridas em Hodgking *et al.* (2005) e oferece recursos para lidar com dados multidimensionais, reduzindo a complexidade do problema por meio de:

- i. Apresentação de dados e resultados através de representações apropriadas para a realização de modificações;
- ii. Mecanismos que facilitem o *input* da revisão das preferências ou julgamentos individuais;
- iii. Apresentação amigável do impacto nos resultados individuais e do grupo provocado pelas mudanças; e
- iv. Fornecimento de informação acerca das diferenças, semelhanças e níveis de consenso entre as posições individuais que possa facilitar a busca por soluções coletivas.

Optou-se pelo uso da folha de cálculo, especificamente o Microsoft Excel, com o principal objetivo de tornar o trabalho tão acessível quanto possível. Segundo Maria *et al.* (2005), o Microsoft Excel está disponível na maioria dos computadores existentes, possibilita o uso do *Visual Basic* para favorecer a interação com o utilizador e contém o *Solver*¹, que é uma boa ferramenta para otimização. Hyde e Maier (2006) destacam ainda que o *software* oferece capacidades que permitem a análise e a manipulação de dados, com a visualização imediata de resultados.

¹ O *Solver* é uma função *add-in* do Microsoft Excel para resolver problemas de otimização linear e não linear.

As folhas de cálculo atendem a diversos métodos e técnicas, conforme afirmam Belton e Stewart (2003: 282): “*If customised software is not available most multicriteria analyses can be carried out with the help of a spreadsheet*”. Para Rasgdale (2004), tornaram-se o veículo padrão para introduzir estudantes das áreas de *business* e *engineer* em conceitos e ferramentas dos cursos de *Management Science/Operations Research*. Além disso, afirma que a maioria dos gestores (*business people*), provavelmente, posiciona as folhas de cálculo como sua ferramenta analítica mais importante, além do próprio cérebro.

As ferramentas para testes de hipóteses disponíveis no Excel (*What-if analysis*) permitem a construção de uma infinidade de cenários a partir da variação dos parâmetros individualizados ou partilhados. O impacto de alguns desses cenários nos resultados individuais ou do grupo possibilita a obtenção de conclusões capazes de apoiar a construção de uma solução coletiva.

O modelo procura oferecer suporte para que o grupo busque ou construa as condições para uma solução de consenso, orientando as modificações de parâmetros e/ou revisões de preferências em diferentes procedimentos de interação entre os membros do grupo.

Os procedimentos considerados para o desenvolvimento do processo de uso do VICA tem em conta toda a estrutura proposta por Belton e Pictet (1997). A estrutura apresenta possíveis caminhos, e respectivas implicações, para se reunir visões individuais com o objetivo de encontrar uma decisão de grupo. A seguir apresentam-se as principais características de cada procedimento dessa proposta de estrutura:

- i. **Partilha** - objetiva o consenso através da discussão das visões e da negociação de um acordo, procura reduzir as diferenças discutindo suas causas explicitamente.
- ii. **Comparação** - procura obter elementos individuais, para eventualmente promover negociações entre os resultados, reconhece as diferenças sem procurar reduzi-las necessariamente.
- iii. **Agregação** - busca o compromisso através de votação ou cálculo de valores representativos do grupo, reconhece as diferenças, mas tenta reduzi-las sem explicitá-la

1.2 Da metodologia científica

Esta seção busca explicar e justificar a opção pelos métodos científicos adotados no desenvolvimento deste trabalho, considerando uma classificação da pesquisa a partir de: sua questão fundamental, sua unidade de análise e suas proposições. Segundo Yin (2010), a pesquisa científica pode ser categorizada conforme sua finalidade em três tipos: exploratória; descritiva; e explanatória. A classificação da pesquisa é importante para a determinação das opções pelos métodos científicos e a identificação do seu tipo requer considerar:

- i. A formulação da questão de pesquisa;
- ii. O grau de controle do investigador sobre os eventos comportamentais reais; e
- iii. O nível de enfoque sobre os eventos, que podem ser contemporâneos ou históricos.

O autor afirma que as formulações das questões de pesquisa na forma: “o que pode ser aprendido de um estudo...?” sugerem uma pesquisa exploratória, enquanto questões do tipo: “como?” ou “por quê?” têm caráter mais explanatório. Isso é importante, uma vez que os cinco métodos de pesquisa considerados adequados diferem segundo os tipos de pesquisa onde serão aplicados. Esses cinco métodos científicos possíveis são: o experimento; o levantamento (*survey*); a análise de arquivos; a pesquisa histórica; e o estudo de caso.

Em nossa pesquisa, os eventos em foco são contemporâneos e o nível de controle do investigador sobre os comportamentos reais é limitado. No entanto, a questão da pesquisa científica, principal indicador dessa tipificação, poderia ser elaborada sob duas formas, igualmente válidas, colocando este estudo em duas categorias possíveis-exploratória e explanatória. Optou-se por considerá-la **explanatória** e formulá-la de maneira mais abrangente. Assim, se estabeleceu como questão central da pesquisa a seguinte pergunta: Se e como um modelo, com base num método multicritério para o apoio à decisão e disponibilizado sob a forma de uma ferramenta em folha de cálculo, pode apoiar um grupo de decisores que busca alcançar um resultado de consenso para a problemática da classificação, considerando explicitamente os múltiplos critérios e os múltiplos decisores?

Alternativamente poderíamos perguntar: o que pode ser aprendido sobre o estudo de um modelo, baseado em métodos...? Caracterizando o estudo como exploratório e possibilitando o uso de qualquer um dos cinco métodos de pesquisa listados, já que todos podem ser compatíveis com a pesquisa exploratória. Entretanto, a opção pela pesquisa explanatória nos conduz ao uso dos métodos que melhor ajustam-se a esse tipo de pesquisa. Portanto, consideramos a aplicação dos **métodos experimento e estudo de caso** como os mais adequados à lógica deste projeto.

O experimento caracteriza-se por um ambiente controlado, tipicamente desenvolvidos em testes de laboratório, onde as observações dos investigadores são importantes fontes de evidências na comprovação das hipóteses levantadas. Mas existem os métodos quase-experimentais ou testes de campo mais adaptados aos estudos das ciências sociais onde frequentemente não se pode controlar e manipular todas as variáveis envolvidas no processo.

Segundo Simon (1990), a modelagem é essencial, talvez a principal ferramenta para estudar o comportamento de grandes e complexos sistemas. Em modelagem, para lidar com a complexidade é preciso separar o que é fundamental e o que é dispensável, no sentido de capturar uma imagem simplificada da realidade que nos permita fazer inferências importantes para os nossos objetivos. Já Roy (1985) destaca o modelo como uma representação esquemática de uma classe de fenômenos, servindo de suporte à investigação e/ou comunicação.

Um modelo pode ser definido como uma representação estilizada da realidade, por isso mais fácil de lidar e explorar. Ele utiliza recursos verbais, gráficos, matemáticos e/ou computacionais numa estrutura de relacionamentos lógicos e representativos. São versões simplificadas ou analogias de um sistema ou fenômeno do mundo real, desenhados para finalidades específicas.

Uma folha de cálculo pode abrigar um modelo matemático, desde que se definam relações funcionais entre variáveis de entrada (*inputs*) e uma ou mais medidas de desempenho ou resultado (*outputs*), em uma combinação de arte e ciência para criar uma estrutura que, por meio de equações matemáticas, premissas e regras pretende representar a realidade que se deseja estudar.

Numa primeira etapa, o modelo desenvolvido neste trabalho precisou ser testado para verificar sua precisão, seu **valor de medida ou validade interna**. Nessa etapa, o principal objetivo foi verificar se os dados de saída correspondem aos esperados, em função das entradas e relações estabelecidas. Em outras palavras, o que se fez foi buscar evidências científicas para seu valor de medida, verificando a coerência entre os resultados obtidos e os dados informados. Para isso, foi utilizado o **método do experimento**.

O experimento consiste no que chamamos neste texto de exemplos numéricos, descritos em detalhes no Capítulo 6. Tratou-se de buscar na literatura casos adaptáveis aos objetivos do estudo para testar o modelo, replicando os dados disponíveis, verificando os resultados e também expandindo o uso desses dados para situações mais específicas do estudo.

O modelo fundamentado na abordagem proposta VICA, requer interatividade e *displays* visuais efetivos, que possam ajudar o grupo na obtenção de um resultado de consenso. Interatividade efetiva significa que, as informações acerca das avaliações, valores e parâmetros do modelo são facilmente introduzidas e modificadas. *Displays* visuais efetivos devem refletir para os DMs os dados introduzidos e os julgamentos feitos, bem como a suas modificações e síntese. Eles têm a função de facilitar a comunicação e a compreensão do que é essencial. Assim, além do valor de medida, o modelo precisa ser observado quanto ao seu valor de uso. Para isso, foi utilizado o **método estudo de caso**.

Entendemos a Ciência do Apoio à Decisão (CAD), a partir da visão construtivista de Roy (1993) e Tsoukiàs (2007). Nessa perspectiva, avaliar uma metodologia com base na qualidade do resultado da decisão tomada (resultado bom/mal ou certo/errado), segundo Roy (1993), significaria acreditar nos seguintes postulados: existe objetivamente uma solução ótima (“a correta”) conforme critério bem definido, inquestionável e independente do método; as consequências das ações são claramente conhecidas, bem como a fronteira entre o que é uma solução admissível ou não; e existem decisores cujas preferências são estáveis e observáveis de forma precisa. Postulados, no mínimo, não razoáveis, diante da maioria das situações reais. Por isso, a validação de uma abordagem dessa natureza requer a verificação do cumprimento de seu propósito fundamental de oferecer apoio, ou seja, de contribuir para a solução de um problema.

Portanto, também é preciso verificar a contribuição do modelo proposto dentro de um processo decisório real para avaliar seu valor de uso. Nesta etapa, dá-se mais atenção à avaliação dos aspectos funcionais e da sua utilidade no processo. Questões como a compreensão de sua lógica de funcionamento, passam a ser observadas, assim como outros aspectos mais práticos: apresentação (*interface*); facilidade para introdução dos dados; compreensão e utilidades dos *displays* e outras características desta natureza. Entretanto, o principal objetivo é verificar a efetividade geral da ferramenta para o apoio à decisão do grupo.

No estudo de caso real, serão também observadas as cinco perspectivas estabelecidas em Marakas (2013) para definir o contexto da decisão e caracterizar o grupo em questão:

- i. A **estrutura** do grupo - O número de pessoas e o tipo de grupo: uma equipe formal com alguma hierarquia; um comitê de especialistas, uma força tarefa, um grupo espontâneo e temporário, por exemplo;
- ii. Os **papéis** dentro do grupo - A importância relativa dos membros e a existência de: *software*, decisores, analista, coordenador ou influenciadores, por exemplo;
- iii. O **processo** de decisão - Suas fases, o fluxo de informação, a necessidade de consenso, a disponibilidade e os limites de tempo;
- iv. O **estilo** do grupo - Como se comportam os seus membros, suas expectativas, grau de comprometimento...; e
- v. As **normas** do grupo - Os comportamentos aceitáveis, as regras, punições ou sanções e os valores partilhados que podem influenciar fortemente o ambiente ou clima do processo.

Vale a pena ressaltar que, nessa segunda etapa, deseja-se não só a verificação do funcionamento correto de um artefato, mas também validar a unidade de análise que foi agora expandida e passa a ser a relação entre um grupo de indivíduos, o analista, uma tarefa ou problema e o modelo, um artefato de apoio que combina uma ferramenta e um procedimento de uso. Por isso, consideramos a necessidade de um estudo de caso

complementar ao experimento. Segundo Yin (2010: 41) existem pelo menos quatro aplicações diferentes que qualificam o estudo de caso para a pesquisa de avaliação:

- i. Explicar vínculos causais nas intervenções da vida real;
- ii. Descrever uma intervenção e o contexto da vida real no qual ocorre;
- iii. Ilustrar determinados aspectos de uma avaliação; e
- iv. Explorar situações onde não há um conjunto claro de resultados.

Assim, optamos pelo estudo de caso único desenvolvido no Capítulo 7 porque ele é típico ou representativo da situação de interesse, que representa uma oportunidade, nem sempre acessível ou disponível à ciência, de estudar um contexto onde um grupo real lida com um problema tipicamente multicritério. Além disso, acredita-se que, combinado aos experimentos, ele é capaz de promover uma maneira mais completa para confirmar ou desafiar as proposições do estudo.

Relacionamos no Quadro 1 as proposições que se desejam verificar. Durante todo o trabalho, buscamos evidências que possam ilustrar, corroborar ou desafiar o que se propôs. Algumas dessas evidências podem ser obtidas ainda com os experimentos numéricos, enquanto para outras, é necessário observá-las no estudo de caso real.

As evidências científicas podem ser provenientes de várias fontes: documentação, registros em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos (Yin, 2010: 125). Neste trabalho procurou-se coletar dados durante todas as etapas de seu desenvolvimento. Esses dados são tratados e disponibilizados na explanação dos experimentos do Capítulo 6 e no relatório do estudo de caso do Capítulo 7 ou apresentados em Apêndices, quando mais conveniente.

Quadro 1 - Proposições do estudo

Proposições do estudo acerca da Modelo VICA-ELECTRE TRI	
Aprendizagem e Compreensão	Proporciona meios para que o grupo adquira mais conhecimentos sobre o problema, método e solução resultante
Transparência e Convicção	Promove a transparência da forma como os resultados são obtidos e reforça a convicção quanto à qualidade das decisões tomadas
Efetividade e Impactos Futuros	Fortalece a percepção de que as decisões obtidas serão efetivamente implantadas e influenciará os modos futuros de realizar a tarefa
Clima e Participação	Estimula a manutenção do espírito cooperativo no decorrer do processo e contribui para a participação de todos
Estrutura e Flexibilidade	Oferece suporte funcional (tecnológico) suficiente para a estruturação do problema, permitindo facilmente: modificações, revisões ou alterações de parâmetros ou variáveis

1.3 Estrutura do trabalho

Quanto à estrutura deste trabalho, o texto está dividido em três grandes partes. A parte I, que inclui esta introdução, apresenta uma visão geral do estudo e seu enquadramento e também o referencial teórico com a revisão da literatura relacionada. A parte II é constituída pela proposta do trabalho, onde é descrito o modelo VICA e sua metodologia de aplicação. A parte III tem com objetivo validar a proposta através de métodos científicos-experimentos e estudo de caso.

Após a visão geral fornecida na introdução, o Capítulo 2 apresenta o referencial teórico, nele faz-se o enquadramento do estudo e são discutidos conceitos e perspectivas fundamentais: o consenso sob uma perspectiva ampliada; a Ciência do Apoio à Decisão (CAD), os métodos MCDA e o papel do *feedback* e das ferramentas visuais no apoio à decisão.

O Capítulo 3 apresenta a problemática da classificação e o método ELECTRE TRI, explicitando e delimitando a questão que se pretende tratar e também justificando a escolha do método MCDA e a abordagem seguida. Acerca da problemática da classificação, explana-se a questão, os usos e objetivos envolvidos. Também se apresentam outras áreas de estudo que se dedicam ao problema, bem como as diferentes abordagens e métodos considerados para tratá-lo.

Para além de apresentar às formulações do ELECTRE TRI, apresentam-se conceitos e ideias centrais comuns aos métodos da família ELECTRE, como: as comparações par a par; as relações de prevalência; e o modelo pseudo-critério. Também se discutem brevemente o significado e algumas formas práticas para a obtenção dos valores dos parâmetros que estruturam o método.

O Capítulo 4 apresenta o modelo VICA- ELECTRE TRI, desenvolvido em folha de cálculo para apoiar processos de decisão multicritério, no contexto da problemática da classificação e em grupo.

Explicam-se como são introduzidos e estruturados os dados e quais são os mecanismos de processamento utilizados - as formulações matemáticas para a busca ou construção de consenso.

Apontam-se como são utilizados recursos visuais para a apresentação e análise de resultados. Por fim, apresentam-se os caminhos possíveis, em termos de procedimentos e processos, para aplicação da ferramenta em casos reais.

No Capítulo 5 trata-se da análise de sensibilidade ou das versões do modelo. Inicialmente, são apresentadas as diferentes visões sobre o tema. Em seguida, a partir da perspectiva adotada, discute-se qual o seu papel neste trabalho e como ela é utilizada no decorrer da aplicação do VICA.

Através de análises e interpretações e de ferramentas de apoio ou assistentes do modelo, busca-se apresentar meios de melhor compreender os papéis dos parâmetros do modelo e de tornar mais clara e simples a tarefa de estabelecer ou alterar seus valores, e dessa forma analisar novas versões do modelo.

O Capítulo 6 explana e ilustra o uso do modelo, bem como a abordagem proposta. São apresentados dois exemplos numéricos desenvolvidos a partir de trabalhos publicados na área. O primeiro exemplo numérico faz uso dos dados do caso da classificação de empresas em categorias de risco falência (Dimitras *et al.*, 1995; Dias *et al.*, 2002; Melo, 2005; Almeida-Dias, 2010; e Bezerra *et al.*, 2014). O segundo experimento refere-se ao estudo desenvolvido por Merad *et al.* (2004) e revisitado em Tervonen *et al.* (2009).

São desenvolvidas, para ambos os experimentos, uma série de análises orientadas, em linhas gerais, pelos procedimentos propostos nos Capítulos 4 e 5. Os resultados numéricos obtidos foram os esperados, e não se identificaram incorreções nos cálculos ou na lógica do modelo.

O Capítulo 7 consiste na apresentação do estudo de caso real. Explica-se a metodologia, o planejamento e as opções feitas em termos de fontes de evidência. O problema em questão trata-se da alocação de vinte estudantes de um curso de línguas em classes ordenadas de programas, segundo seis critérios de avaliação com escalas distintas, tendo em conta as opiniões dos quatro membros do grupo de decisores. O processo foi narrado, mostrando como a decisão de consenso foi alcançada. As observações do analista contrapõem as proposições do estudo às evidências encontradas na reunião do grupo face a face.

As contibições esperadas, as melhorias possíveis e os desenvolvimentos futuros encerram a apresentação do trabalho no capítulo final.

Parte I - Revisão da Literatura

Apoio Multicritério à Decisão em Grupo

Este capítulo apresenta o referencial teórico deste trabalho, sua literatura de base, para dessa forma estabelecer o seu posicionamento dentro da área de estudo. Dá-se ênfase aos conceitos e às perspectivas que são fundamentais às ideias desenvolvidas.

Inicialmente é discutido o conceito de consenso, apresentam-se diversas abordagens possíveis ao tema e a perspectiva ampliada adotada no contexto. Na sequência, as vertentes mais gerais da Ciência do Apoio à Decisão (CAD) são diferenciadas para em seguida se destacarem os métodos matemáticos e, dentro deles, os métodos de apoio multicritério. Uma seção importante é então dedicada a apresentar, numa estrutura categórica, as principais abordagens e os respectivos métodos que constituem a área de Apoio Multicritério à Decisão.

O capítulo ainda apresenta dois princípios dos mais fundamentais para a proposta que se pretende: a abordagem orientada ao *feedback* e as ferramentas visuais. Apontam-se suas relevâncias e aplicações no desenvolvimento de instrumentos úteis aos processos em causa.

2.1 Consenso: o conceito ampliado

Uma vez que o apoio à construção de consenso nos processos multicritério de decisão em grupo é um objetivo fundamental da proposta, julgamos necessário discutir esse conceito conforme compreendido neste trabalho, sob uma perspectiva ampla.

Tradicionalmente, consenso implica **unanimidade** entre os membros de um grupo, de modo que, mesmo quando apenas um membro discorda em apenas um aspecto quanto a um possível curso de ação, o grupo não obtém uma solução consensual.

O consenso também pode ser visto de maneira mais abrangente, incorporando situações de **compromisso** ou até mesmo de discordância passiva. Nesse caso, para Ness e Hoffman (1998), o consenso pode ser alcançado quando a maioria concorda com uma alternativa, e os poucos que discordam acreditam que tiveram oportunidades razoáveis de influenciar a decisão e por isso concordam em apoiar a solução proposta.

Algumas abordagens tratam o consenso como resultado da **agregação de preferências** individuais. Essas agregações podem ser realizadas através das mais diversas formas e serão aprofundadas mais adiante, quando são apresentados os métodos para apoio aos grupos, no entanto, adianta-se que elas podem incluir desde discussões exaustivas, apurações de médias, votações e até métodos matemáticos sofisticados.

Outra perspectiva em relação ao consenso envolve considerá-lo não somente como função de alguma medida de concordância ou acordo entre membros do grupo, mas também como atributo do processo segundo a **percepção** dos indivíduos participantes. Nessa perspectiva, Martz e Sheperd (2004) propõem o conceito de consenso percebido, que seria resultado da relação entre o consenso aceitável e o consenso estimado, ambos conforme o percebido pelos integrantes do grupo.

É possível relacionar os conceitos de consenso e *feedback*² a partir da seguinte afirmação: “Num segundo tipo de consenso, espera-se que os indivíduos modifiquem as suas opiniões a fim de alcançar um acordo mais próximo entre opiniões”³ (Ben-Arieh e Easton, 2007: 714). Assim, as modificações ou revisões das opiniões dos indivíduos durante o processo, o denominado efeito *feedback*, assumem papel central na movimentação do grupo em direção ao consenso. Implicitamente, presume-se que as revisões se devem, pelo menos em parte, à intenção de contribuir para que o processo caminhe no sentido de uma solução coletiva. Essa motivação não exclui, necessariamente, outras razões para que opiniões sejam revistas, como o aprendizado adquirido durante o processo ou algum outro tipo de influência recebida dos outros membros do grupo. Nessa perspectiva, o consenso é uma **construção coletiva** baseada em interações interpessoais e modificação das opiniões.

² A opinião dos outros membros do grupo frequentemente faz com que um membro reconsidere ou modifique sua avaliação. Segundo Pruitt (1971) apud Vetschera (1991) esse fenômeno é observável empiricamente.

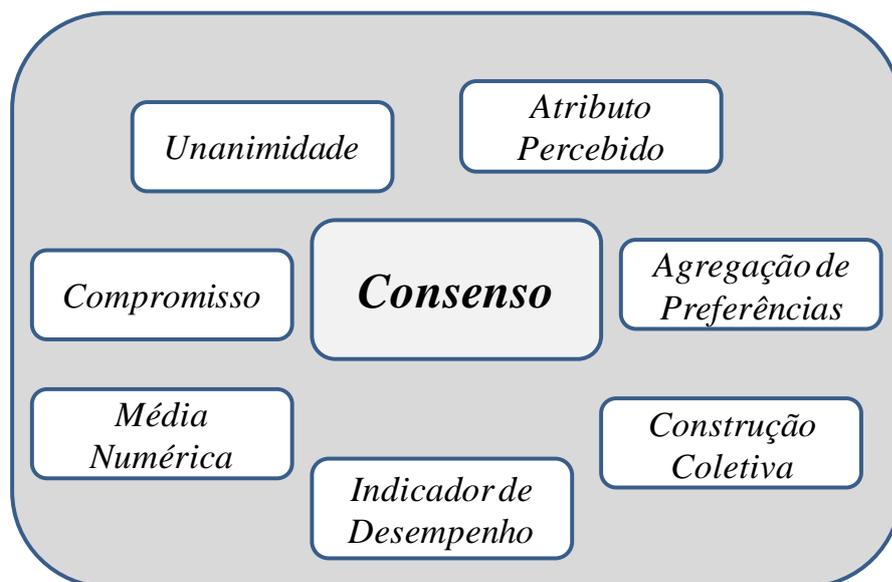
³ Tradução livre da autora. No original “*In the second type of consensus, the experts are expected to modify their opinion in order to reach a closer agreement in opinions*” (Ben-Arieh e Easton, 2007: 714).

A obtenção de uma solução de consenso para o problema do grupo é um resultado esperado importante, por isso o consenso é muitas vezes entendido como uma **medida de desempenho** do processo e do grupo. Nunamaker *et al.* (1997) chamam a atenção para o facto de que pode acontecer que o consenso não seja possível. No caso, como resultado do processo, o que se obtém é a informação de que existem diferenças insuperáveis para o contexto, que precisam de ter as suas causas investigadas.

Algumas **medidas numéricas** podem ser utilizadas como representações do consenso, que no caso corresponde a um valor numérico indicador do nível de concordância ou proximidade das opiniões.

A figura 2 sumariza e ilustra as diversas concepções relacionadas ao conceito de consenso que foram discutidas.

Figura 2 - O consenso ampliado



Ben-Arieh e Easton (2007) afirmam que existem quatro abordagens principais para medir o consenso:

- i. Baseadas na **contagem** do número de membros que partilham a opinião do grupo
- ii. Baseadas na **distância** entre as opiniões dos indivíduos que compõem o grupo de decisores

- iii. Baseadas nas **similaridades** e diferenças entre as opiniões dos membros do grupo
- iv. Baseadas na **ordenação** das alternativas segundo o grupo e segundo os seus membros.

Melo (2005) apresenta um resumo de medidas numéricas de consenso, na ausência de unanimidade, que inclui as medidas estatísticas de correlação (Spearman, 1904 e Kendall, 1955). Essas medidas são especialmente direcionadas para medir o consenso a partir de ordenações individuais. Cook (2006) faz uma extensiva revisão de soluções e medidas baseadas em distância e modelos *ad hoc*, também para consenso em ordenações.

Neste trabalho adota-se o conceito ampliado de consenso que, antes de optar por uma definição mais restritiva, procura compreendê-lo de maneira inclusiva em relação às referidas perspectivas.

2.2 A Ciência do Apoio à Decisão (CAD): perspectiva construtivista

A Ciência do Apoio à Decisão (CAD), na perspectiva de Roy (1993), é aquela que procura desenvolver conceitos, modelos, procedimentos e resultados que formem um corpo de conhecimento coerente para orientar e informar processos de tomada de decisão. Para Bouyssou *et al.* (2006), o apoio à decisão pode seguir abordagens segundo quatro diferentes perspectivas: normativa, descritiva, prescritiva e construtivista.

Normativa. Deriva modelos de racionalidade a partir de normas (ou axiomas, segundo alguns autores) estabelecidas *a priori*. Tais normas atuam como condição necessária para o comportamento racional. O decisor é ajudado a aprender como decidir de maneira racional.

Descritiva. Deriva modelos de racionalidade da observação de como decisores efetivamente tomam decisões. Uma analogia possível é a do cientista que busca derivar leis a partir de fenômenos observados, para que essas leis possam ser aplicadas em situações comuns.

Prescritiva. Descobre modelos de racionalidade para um decisor a partir de suas respostas a questões relacionadas às suas preferências. Busca revelar um sistema de valores preexistente.

Construtivista. Constrói modelos de racionalidade para um decisor a partir de suas respostas a questões relacionadas às suas preferências. Consiste em ajudar o decisor a construir seu próprio modelo (*co-modelling*). Não procura revelar, mas sim construir um sistema de valores, o qual não se pressupõe existente à partida.

Uma abordagem construtivista tem como objetivo construir, em conjunto com os decisores através de processos interativos, um modelo confiável para o apoio a decisão; mais informação sobre essa perspectiva pode ser vista em Roy (1993), Tsoukiàs (2007) e Figueira *et al.* (2013).

Segundo a definição anteriormente expressa, a CAD pode abranger incontáveis métodos, metodologias, modelos e *softwares*, cuja proposta é apoiar a decisão. Morton *et al.* (2001) propõem dois tipos principais de abordagens: “orientadas à tecnologia” e “orientadas aos modelos”. Vidal (2006: 7) afirma: “A abordagem poderá ser quantitativa (*hard*), qualitativa (*soft*), participativa (crítica), inovadora (criativa) ou uma combinação delas (multimetodológica)”. Tendo em conta a existência de um grupo em questão, Goodwin e Wright (2001: 295, grifo nosso) afirmam: “Existem essencialmente duas abordagens para combinar julgamentos individuais e produzir melhores julgamentos: **agregação matemática e abordagem comportamental** (embora possam ser combinadas)”. Neste trabalho consideramos que os métodos de apoio à decisão em grupo podem ser categorizados em dois grandes grupos: comportamentais e matemáticos.

Os métodos comportamentais são aqueles desenvolvidos com o propósito de restringir ou remover fatores prejudiciais à tomada de decisão em grupo. Dentre esses fatores destacam-se: a influência de membros dominantes hierarquicamente ou pelo poder de persuasão, que podem acabar por manipular todo processo e evitar a sinergia desejada. Outro fator importante é o *groupthink*, conceito desenvolvido por Janis (1982). O fenômeno pode levar o grupo a suprimir o surgimento de ideias que alterem o modo atual ou o sentido para o qual o grupo se movimenta.

Os métodos *Delphi*, *Nominal Group Technique* e a *Decision Conferencing* são os mais conhecidos na referida categoria, uma boa apresentação deles pode ser encontrada em Hwang e Lin (1987). Esses autores também discutem métodos cujos objetivos são mais específicos, como é o caso do *Brainstorming*, para estimular a geração de novas ideias, e o

Ideawriting que, segundo Moore (1994), pode tornar mais eficiente e produtivo o processo de criação.

Os grupos frequentemente recorrem a facilitadores para apoiar processos colaborativos. Segundo Kolfschoten *et al.* (2007), os facilitadores possuem competências e conhecimentos que são empregados visando guiar e motivar o grupo para a obtenção de um resultado. Existem muitas estruturas, modelos e *guidelines* para apoiar o trabalho do facilitador. Alguns exemplos são apresentados em: Butler e Rothstein (2004), Schwarz (2002), Forman e Selly (2001) e Baldwin (1994).

Briggs *et al.* (2001) desenvolveram o conceito de *ThinkLet*, como base para o estudo das circunstâncias que podem tornar os grupos mais produtivos. Um *ThinkLet* envolve uma ferramenta, a sua configuração e um roteiro que produzem estímulos para determinados padrões de comportamento. Eles podem ser usados para criar padrões de pensamentos reproduzíveis e previsíveis entre as pessoas do grupo. Foram documentados sete padrões básicos de *ThinkLet*: divergência; convergência; organização; elaboração; abstração; avaliação; e construção de consenso.

Além dos métodos comportamentais mencionados, podemos considerar dentro da categoria, ou como ponte entre as duas categorias (métodos comportamentais e matemáticos), as metodologias que constituem a relativamente recente Investigação Operacional (IO) *soft*, definida como: “um conjunto de trabalhos surgidos a partir de uma área da investigação operacional e de sistemas, no Reino Unido, coletivamente designados como métodos para estruturação de problemas”. (Rosenhead, 2001). São integrantes desse conjunto de trabalhos os métodos: SODA (*Strategic Options Development and Analysis*); *Strategic Choice Approach* e o *Soft Systems Analysis*. Esses métodos utilizam recursos e técnicas, como: mapas cognitivos, *brainstorming*, *checklists* estruturados e *softwares* específicos, para gerar alternativas, levantar, reunir e estruturar as informações relevantes para a solução do problema.

Belton *et al.* (1997) propõem uma abordagem integrada, aplicando uma metodologia mista, onde nas fases de estruturação dos problemas utilizam-se métodos *soft*, por exemplo o SODA (com o apoio de *software* para mapeamento cognitivo, como o COPE). Posteriormente são aplicados métodos mais quantitativos, ou *hard*, que necessitam ter como ponto de partida problemas bem estruturados.

Em relação aos **métodos de agregação matemática ou quantitativa**, Goodwin e Wright (2001) afirmam que existem vantagens em utilizar métodos matemáticos para combinar os julgamentos individuais dos membros de um grupo. Os principais motivos para tal são: apresentam resultados relativamente mais diretos e imediatos; evitam procedimentos complexos e mais demorados e podem ser aplicados em grupos remotos, evitando a influência da atuação de membros dominantes no grupo. Incluem-se nessa categoria, desde os métodos mais comuns, como as médias pesadas, as simples votações e aqueles baseados em ordenações prévias individuais de escolha social (Hwang e Lin, 1987), como Condorcet ou Borda, bem como os métodos focados neste trabalho, os pertencentes à área *Multiple Criteria Decision Aid* (MCDA).

2.3 Apoio Multicritério à Decisão: métodos MCDA

Podemos afirmar que a MCDA tem suas origens na área de IO (Investigação Operacional), mais precisamente na Programação Matemática. Em sua forma mais clássica, os problemas de IO apresentam uma função a ser otimizada (a maximizar ou minimizar) sob várias restrições e a solução ótima representa a melhor solução para o problema. Entretanto, muitas vezes temos que lidar com muitos aspectos, critérios conflituosos onde relações de preferências e pontos de vistas diferentes precisam ser considerados, situações difíceis de serem modeladas com uma função de critério único.

A MCDA faz parte da área de apoio à decisão, sendo definida por Belton e Stewart (2003) como: “um conjunto de abordagens formais que procuram ter em conta, explicitamente, múltiplos critérios para ajudar indivíduos ou grupos na exploração de decisões relevantes”. A questão fundamental com a qual os métodos MCDA precisam lidar é a de como comparar completamente duas ações ou alternativas **a** e **b**, quando **a** é melhor que **b** em alguns critérios, mas **b** é melhor que **a** em outros critérios, de maneira que os desempenhos de cada alternativa em cada critério sejam levados em conta. Roy (2005) afirma que esse é o chamado problema da agregação para o qual os métodos MCDA oferecem uma variedade de soluções.

Dias (2000) propõe uma tipificação dos métodos MCDA. Segundo o autor, eles podem ser divididos em três categorias:

- i. **Métodos de critério único de síntese**, a abordagem mais tradicional, também chamada “escola americana”. Seguem regras formais que levam em conta os n desempenhos das ações para atribuir-lhes uma posição bem definida (geralmente sob forma de um valor numérico) em uma determinada escala. Requer o uso de escala comum para que os desempenhos em cada critério sejam avaliados. Segundo Belton *et al.* (1997), esses métodos baseiam-se na função de valor multiatributo, onde os critérios são geralmente estruturados de forma hierárquica em árvores de valor e cujo modelo fundamental é:

$$V(a) = \sum_{j=1}^t w_j v_j(a)$$

Onde:

$V(a)$ Valor global da alternativa a ;

$v_j(a)$ Valor que reflete o desempenho da alternativa a no critério j ;

w_j Peso do critério j ; e

t O número de critérios em consideração.

Além dos métodos *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT) /*Multi-Attribute Value Theory* (MAVT) (Keeney e Raiffa, 1976), Roy (2005) inclui na categoria os seguintes métodos: SMART; TOPSIS; MACBETH, AHP e Difusos (*fuzzy*) ou probabilísticos; para aprofundamento sobre esses métodos, ver Figueira *et al.* (2005), Capítulos 7-10.

- ii. **Métodos de prevalência (*outranking methods*)**, também conhecidos como “escola francesa” ou “escola europeia”, os métodos tratam o problema da agregação em termos de comparações par a par entre as ações, com a finalidade de se estabelecer um sistema relacional de preferência. Dessa forma o que se pretende é validar uma relação de prevalência ou subordinação entre as ações a e b . Em termos gerais, diz-se que a alternativa a prevalece sobre b se existir evidência suficiente para dar credibilidade à afirmação “ a é pelo menos tão boa quanto b ”, tendo em

conta todos os critérios. É possível considerar relações de incomparabilidade e, em função das comparações par a par, podem surgir relações intransitivas. Por isso, em geral, suas aplicações requerem ferramentas de exploração para que se possa elaborar uma recomendação. Dentro da categoria destacam-se os métodos da família ELECTRE⁴ (Roy e Bouyssou, 1993) e PROMETHEE (Brans *et al.*, 1986; Brans e Mareschal, 1994)

- iii. **Métodos interativos ou de agregação local**, em geral, o termo é usado para designar métodos formais que intercalam procedimentos para geração de soluções viáveis e procedimentos de diálogos com os decisores. Se uma solução gerada (pode ser um conjunto de alternativas selecionadas) for satisfatória, então o processo é interrompido. Caso contrário, informações preferenciais adicionais são colhidas e o modelo preferencial é atualizado e processado novamente. Desta forma, o espaço de soluções vai sendo limitado progressivamente. Korhonen (2005) afirma: “exemplos clássicos desses métodos são os desenvolvidos por Geoffrion e Feinberg (1972), Zionts e Wallenius (1976) e Steuer (1977)”.

Os métodos agregação-desagregação não se enquadram precisamente em nenhuma das três categorias descritas. No paradigma tradicional, o modelo para agregação dos critérios é conhecido, enquanto a preferência global não. Nos modelos baseados em agregação-desagregação, os modelos preferenciais são inferidos a partir de preferências globais ou holísticas. Assumindo que os DMs possam expressar a preferência por uma alternativa *a* em relação à outra *b*, isso implica estabelecer restrições nos parâmetros de um modelo baseado numa função de valor. Os métodos da família UTA (*Utilité Additive*) são os mais representativos desta categoria alternativa. Descrições detalhadas acerca de seus princípios e de sua operacionalização podem ser encontradas em Siskos *et al.* (2005).

⁴ Os métodos da família ELECTRE orientam-se para diferentes problemáticas: Problemática de Escolha- ELECTRE I; ELECTRE Iv (um vê); e ELECTRE IS (um esse); Problemática de Ordenação- ELECTRE II; ELECTRE III; ELECTRE IV; e Problemática de Classificação- Método ELECTRE TRI.

Segundo Damart *et al.* (2007) a abordagem agregação-desagregação é apropriada para problemas de classificação nos quais as informações numéricas sobre as preferências são difíceis de serem obtidas. O uso de exemplos de classificações de alternativas feitas pelos DMs estabelece restrições acerca dos valores dos parâmetros para modelo. Pode-se dizer que, a partir da desagregação da preferência holística manifestada pelos exemplos dos DMs, se infere o modelo coerente.

Alguns trabalhos buscam integrar diferentes áreas, por exemplo, Brito *et al.* (2010) propõem um modelo multicritério para analisar o risco de tubulações de gás natural, classificando as seções da tubulação em categorias de risco. O modelo integra, ou mais precisamente, combina o uso dos métodos ELECTRE TRI e a Teoria da Utilidade. Outro exemplo seria Lourenço e Costa (2004), onde é usado o método ELECTRE TRI, numa abordagem de desagregação, para classificar soluções não dominadas de um programa MOMLIP (*Multiple Objective Mixed Integer Program*).

Existe ainda o SMAA (*Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis*), ele configura-se numa família de métodos, que se diferenciam dos modelos de preferência tradicionais em MCDA, permitindo a consideração da incerteza na atribuição de valores para todos os parâmetros, incluindo os pesos. São também denominados: “*simulation-based MCDA methods*” (Tervonen *et al.* 2013: 552).

O desenvolvimento deste trabalho procurou pautar-se nas recomendações feitas por Arrow e Raynaud (1986). Primeiro, destacando a importância de que o método escolhido seja compreensível para o(s) DM(s), que permita a expressão da criatividade, intuição e que seja adaptável ao contexto. Segundo, que se deve evitar ser vítima de receitas sem fundamentação, representadas por métodos tão versáteis que não ofereçam proteção contra vieses pessoais ou tão rígidos e artificiais que não faça sentido a sua aplicação.

Segundo Belton e Stewart (2003) existem alguns mitos associados às formas de contribuição que a MCDA pode oferecer. Elaboramos o quadro 2, onde colocamos cada um dos principais mitos, lado a lado com o que de fato acontece em relação a cada aspecto a que se referem esses mitos.

Quadro 2 - MCDA: mitos e fatos

Mito	Fato
Os métodos MCDA são capazes de fornecer a “resposta certa”	Não existe a resposta certa mesmo dentro do contexto em que se usam modelos. Os métodos MCDA explicitam os julgamentos, facilitam o aprendizado e tornam a decisão mais transparente
Os métodos MCDA fornecem uma análise “objetiva” que alivia os decisores do peso da responsabilidade	A subjetividade é inerente ao processo de decisão, em especial no que concerne aos critérios escolhidos e seus respectivos pesos atribuídos. Os métodos explicitam e gerem a subjetividade.
Os métodos MCDA retiram o fardo ou eliminam o sofrimento associado aos julgamentos difíceis do processo de decisão que envolvem <i>trade off</i> , imprecisões e incertezas	A MCDA pode incorporar algum grau de imprecisão nos julgamentos, mas não pode retirar completamente a necessidade de julgamentos difíceis ou eliminar completamente as imprecisões e incertezas (embora a análise de sensibilidade possa ajudar a lidar com elas)
A MCDA fornece ferramentas (métodos, modelos e <i>software</i>) capazes de encontrar a melhor solução	A MCDA ajuda os decisores a organizar e sintetizar as informações. Explicita e ilumina o problema e suas alternativas, em todos os seus aspectos importantes e sob os diferentes pontos de vista relevantes

Roy (2005: 5) afirma que, é preciso ter claro o que realmente se pode esperar dos métodos de apoio à decisão. Segundo o mesmo, eles podem “razoavelmente”:

- i. Contribuir para a análise do contexto da decisão, identificando os atores do processo, os caminhos ou alternativas possíveis, suas consequências, sua delimitação etc;
- ii. Facilitar a organização e estruturação do modo como o processo se desenvolverá, de forma a aumentar a coerência entre, de um lado, os valores subjacentes aos objetivos e metas, e do outro a decisão final obtida;
- iii. Estimular a cooperação entre os atores, através de uma estrutura favorável ao debate e meios para melhorar o entendimento mútuo;
- iv. Direcionar a elaboração de recomendações usando resultados obtidos a partir de modelos e procedimentos computacionais concebidos dentro de estruturas baseadas em hipóteses; e
- v. Promover o sentido da participação e propriedade da decisão final.

Segundo Figueira *et al.* (2013), na área de IO e apoio à decisão, existem dois atores e três pilares fundamentais no processo. Os dois atores que interagem e fazem evoluir a decisão são designados: **analista e decisor**. O analista tem o papel de prestar ajuda ao decisor num processo de co-construção. Os três pilares que são fundamentais no processo são: as ações (alternativas); as consequências (critérios) e a modelagem de um ou de vários sistemas de preferência. Nessa perspectiva construtivista, conforme adotada neste trabalho, o **analista** deve procurar a obtenção de um conjunto de resultados coerentes e estruturados e esses resultados devem guiar o processo de ajuda para à decisão. A fim de alcançar esse objetivo, o analista precisa usar uma abordagem voltada para a produção de conhecimento a partir das hipóteses levantadas.

2.4 As perspectivas fundamentais

A seção explica o conceito de *feedback*, conforme considerado neste trabalho, e discute a abordagem que, combina recursos visuais e de comparação (ideias centrais da abordagem proposta).

2.4.1 Abordagem orientada ao *feedback* no apoio à decisão em grupo

A abordagem orientada ao *feedback* considera que, frequentemente a opinião dos outros membros do grupo fará com que o indivíduo reveja e modifique sua opinião no sentido de aproximar os resultados, incorporando as preferências do grupo na própria avaliação individual.

Dentre as abordagens orientadas ao *feedback* destacamos a apresentada por Vetschera (1991), a qual considera que os sistemas de apoio à decisão em grupo (*Group Decision Support System-GDSS*) usualmente têm uma estrutura composta por dois níveis. O primeiro representado pelas avaliações individuais e o segundo representado pelo grupo.

Alguns GDSSs são desenhados como extensões de sistemas de apoio à decisão (*Decision Support System-DSS*), concentrando-se na base de dados, sua apresentação e análise. Outros GDSSs, partindo da teoria da decisão, focam-se em métodos para avaliar e agregar preferências. A partir dessa observação, o autor propõe uma visão alternativa, uma abordagem dinâmica baseada no processo de *feedback* que integra os dois níveis.

Na abordagem orientada ao *feedback*, segundo Vetschera (1991), a revisão das preferências dos DMs pode ser realizada por dois caminhos: mudança na estrutura de avaliação (mais ou menos atenção a algum atributo, por exemplo) ou pela introdução da opinião do grupo como um atributo ou critério adicional.

O TriGdist (Melo, 2005) é uma metodologia e protótipo de GDSS desenvolvido tanto para prestar apoio na fase de estruturação do problema como para facilitar a obtenção de consenso em problemáticas de classificação, oferecendo suporte para a comunicação estruturada, trabalho individual, coletivo, síncrono e assíncrono. Possui mecanismos para determinação de diferenças entre posições individuais. Essas diferenças são apresentadas sob forma de alterações que o membro decisor teria que fazer para obter resultado igual a outro membro decisor (os apontamentos são feitos sempre par a par). As alterações requeridas são apresentadas em termos de preferências ou grau de confiança em relação ao resultado produzido pelo outro. Ele possibilita alterações sucessivas no sentido de minimizar diferenças, ficando a critério dos indivíduos realizar ou não as alterações sugeridas.

Embora este trabalho seja fortemente fundamentado na proposta de Vetschera (1991) e Melo (2005), destacamos a seguir alguns trabalhos recentes que também consideram o efeito *feedback* como meio para a construção de consenso.

Ben-Arieh e Easton (2007) propõem um algoritmo para obtenção de consenso onde são atribuídos aos decisores pesos diferenciados, e busca-se uma opinião que minimize o custo pesado para que se atinja um ε -consenso (quase consenso) entre as opiniões cardinais. O trabalho descreve o caso no qual especialistas de importância desigual, com diferentes funções de custos das suas modificações de opinião, consideram uma decisão multicritério consensual. Busca-se alcançar o consenso ótimo localizado na opinião mediana para a função de custo e a opinião média pesada, com base em cálculos da distância geométrica. Um consenso comum ocorre se e somente se $o'_{1,j} = o'_{2,j} = \dots = o'_{n,j}$, para todas as opiniões $o'_{i,j}$ dos indivíduos i nos critérios j . Um ε -consenso ocorre se as opiniões de todos os especialistas forem suficientemente próximas. Matematicamente, o' é um ε -consenso, para $\varepsilon > 0$, se e somente se $\|o'_i - o'\| \leq \varepsilon$ para todo o i . O artigo propõe um algoritmo chamado ε -WCMC (ε -weighted consensus at minimum cost) para encontrar o vetor de consenso.

Um procedimento iterativo para agregar preferências definidas de forma incompleta é apresentado em Han e Ahn (2005). Ele é baseado em uma medida de intensidade de preferência do grupo para cada uma das alternativas, informando os decisores da direção das modificações a serem realizadas em suas preferências individuais, para que um acordo seja alcançado. Os decisores têm pesos diferenciados definidos em forma de intervalos. Apresentam um método a fim de viabilizar a relação entre as mudanças de preferências e a medida de intensidade de preferência.

Damart *et al.* (2007) usam a abordagem agregação/desagregação para o método ELECTRE TRI. Na proposta, os indivíduos alocam ações exemplares em categorias predefinidas. O grupo define (*Delphi like*, *Give and Take* ou automaticamente) como classificar ações exemplares consensuais com o apoio do *software* IRIS. As interações sequenciais permitem a construção de um modelo coletivo, onde os parâmetros são definidos mediante programação matemática.

Um modelo para apoio ao consenso, onde o problema é escolher uma ou mais alternativas de um conjunto delas é apresentado em Eklund *et al.* (2007). Cada decisor

avalia cada alternativa com relação aos critérios estabelecidos. Os critérios podem ter importâncias relativas diferentes, de acordo com as preferências dos DMs. Os decisores podem ser orientados por um condutor ou analista do processo para realizar revisões, modificando suas avaliações de alguma(s) alternativa(s) e/ou dos valores das importâncias dos critérios, com a finalidade de atingir maior grau de consenso. O resultado final deve satisfazer restrições relativas ao grau e maioria de consenso. A abordagem, embora trate da problemática de escolha e não da problemática da classificação - foco deste trabalho - pode ser dita orientada ao *feedback* já que nela: “*the preferences of decision makers do not have to be constant, but they may be adjusted during the process of consensus reaching, each agent taking into account arguments of the other committee members.*” (Eklund *et al.* 2007: 192).

A metodologia GDSS VIP (Dias e Clímaco, 2000b) agrega desempenhos multicritério através de funções de valor aditivas com informação imprecisa. A sua versão orientada para grupos, VIP-G (Dias e Clímaco, 2005), oferece apoio para a obtenção de soluções, com base no consenso por unanimidade ou regra de maioria, em problemáticas de escolha. O *software* procura refletir as consequências de diferentes *inputs* dos membros do grupo, fornecendo *feedback* para que os indivíduos confrontem os seus modelos individuais com o modelo aceitável pelo grupo (por todos ou por uma maioria estabelecida a priori).

Herrera-Viedma *et al.* (2002) apresentam um sistema para modelar e substituir a ação de um mediador num processo automático para guiar o grupo em direção ao consenso. Tem como base o uso de uma medida de consenso para informar a posição do grupo (tem um parâmetro aceitável definido à partida), e uma medida de proximidade que informa quanto cada indivíduo está distante da opinião coletiva. Os indivíduos são convidados a rever as suas preferências, começando por aquele mais distante. Usa relações *fuzzy* para representar as preferências.

Segundo Wu e Xu (2012), o desenvolvimento de pesquisas para o apoio ao consenso em processos de decisão em grupo tem-se tornado uma das mais importantes áreas de pesquisa dentro da *Fuzzy set Theory*. No artigo em questão, por exemplo, os autores apresentam um modelo baseado em relações de preferência recíprocas *fuzzy*. Estas relações, sobre um conjunto X de alternativas, são representadas por uma matriz $P =$

$(p_{i,j}) \subset X \times X$, sendo $p_{i,j} \in [0,1]$, onde a reciprocidade aditiva se verifica, $p_{i,j} + p_{j,i} = 1$. O elemento $p_{i,j}$ em P representa a preferência entre x_i e x_j , onde $p_{i,j} > 1/2$ indica que x_i é preferida a x_j e $p_{i,j} = 1/2$ significa indiferença entre as alternativas. Logo, a relação de preferência é estabelecida a partir de uma única comparação, já que $p_{j,i} = 1 - p_{i,j}$. Embora distanciado deste trabalho, já que o estudo é desenvolvido sob a perspectiva *fuzzy* e para situações de escolha e ordenação, apoia-se também no efeito *feedback*, que no caso pode ser feito automaticamente, para buscar o consenso numa decisão em grupo. Para isso, propõe um modelo constituído por dois algoritmos, um para controlar o nível de consenso e outro para garantir a coerência da matriz de relações recíprocas do grupo, ambas as medidas calculadas a partir dos desvios individuais em relação à matriz de preferências recíprocas médias pesadas. O resultado esperado é uma matriz consistente das relações de preferências recíprocas do grupo, para um dado nível de consenso predefinido. A matriz é finalmente convertida num vetor de prioridades para as alternativas, que pode então ser usado para fins de *ranking* ou escolha.

Por fim, é válido citar o sistema AGAP apresentado em Costa *et al.* (2003). Ele foi desenvolvido para apoiar múltiplos decisores na tarefa de avaliar e selecionar projetos de investimento. O sistema fornece apoios individuais e coletivos, síncronos e assíncronos. Como considerado em nosso trabalho, isso requer apoiar interações em três níveis: **nível individual**- os indivíduos processam informação com foco em seus pontos de vista; **nível interpessoal**- eles aprendem sobre as opiniões de outros membros do grupo e incorporam ou apropriam-se dessas opiniões em suas estruturas individuais; e **nível coletivo**- a informação é processada como uma entidade coletiva capaz de obter uma solução comum.

2.4.2 Das ferramentas visuais

Até recentemente o termo visualização significava a criação de uma imagem visual na mente. Entretanto, atualmente significa algo como uma representação gráfica de dados e conceitos. Portanto, o termo evoluiu de uma construção mental para um artefato externo para apoiar a decisão (Ware, 2013).

Segundo Hutchins (1995), a maior parte do processo cognitivo acontece em algum tipo de interação com ferramentas cognitivas, lápis e papel, calculadoras e, cada vez mais,

com o apoio intelectual baseado em computadores e sistemas de informação, frequentemente, em sistemas compostos por muitas pessoas e muitas ferramentas. Segundo Card *et al.* (1996: 3) a visualização pode ser caracterizada como representações de dados abstratos, visuais, interativas e apoiadas por computadores, para amplificar a cognição.

A visualização tem importância crescente como parte dos sistemas cognitivos. Nós adquirimos mais informação através da visão do que através de todos os outros sentidos juntos. O cérebro é capaz de analisar informações visuais, fornecendo um poderoso mecanismo para encontrar padrões, o que é fundamental para as atividades cognitivas, como a análise de dados. Um dos grandes benefícios da visualização de dados é a considerável quantidade de informação, que pode ser rapidamente interpretada, se for bem apresentada. Dentre outras vantagens da visualização, destacam-se (Ware, 2013):

- i. Permitir a percepção de propriedades e padrões emergentes anteriormente não detectados, que podem servir para novos *insight*;
- ii. Frequentemente, atuar como um revelador de problemas na base de dados, por torná-los mais aparentes;
- iii. Facilitar a compreensão de características de grande e de pequena escala e suas localizações; e
- iv. Facilitar a elaboração de hipóteses a serem verificadas.

Os *displays* visuais simples são meios de refletir, para os DMs, as informações por eles fornecidas, e de alguma forma sintetizadas por um modelo. Além disso, *interfaces* visuais e interativas bem desenhadas constituem-se poderosos veículos para explorar as implicações decorrentes de alterações de valores nos modelos. Por isso, são muitos os trabalhos dentro da área de MCDA e GDSS que reconhecem e aplicam recursos visuais.

O sistema V.I.S.A (*Visual Interactive Sensitivity Analysis*), por exemplo, propõe-se a apoiar a comparação entre estratégias alternativas em decisões multicritério, facilitando a modelagem e análise de maneira visual. A figura 3 ilustra alguns dos seus *displays*. Criado em 1986, atualmente conta com uma versão *online*. (V.I.S.A., 2015). Ele baseia-se na função de valor multiatributo com critérios estruturados de forma hierárquica em árvores de valor (Belton *et al.*, 1997).

Figura 3 - Exemplo de *displays* do V.I.S.A



Fonte: V.I.S.A. (2015)

A extensão *groupware* V.I.S.A permite que o conjunto de resultados do grupo seja visualizado por todos em uma rede local, de modo que sejam percebidos os principais pontos de consenso e divergência entre os membros (V.I.S.A., 2008)

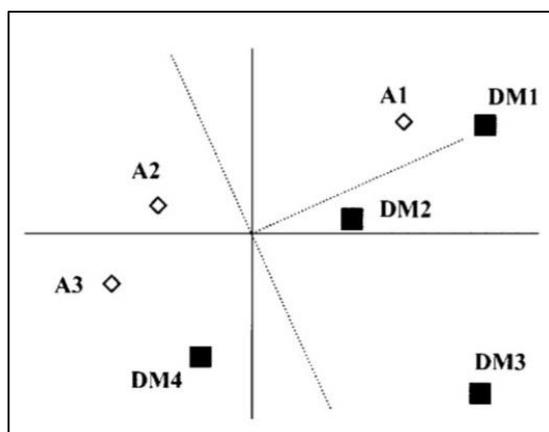
Keller *et al.* (2006) demonstram através de um estudo experimental a eficiência geral das ferramentas visuais para apoiar a aquisição de conhecimento e destacam os benefícios do uso de cores e da visualização em 2 dimensões (em contraste com visualizações monocromáticas e em diferentes dimensões) para o incremento do desempenho em processos cognitivos.

Um estudo empírico apresentado em Weber *et al.* (2006) reporta os resultados efetivos de representações gráficas para o apoio em negociações eletrônicas bilaterais, usando o Inspire ENS (*E-Negotiation System*). Não foram encontradas diferenças significativas, em termos de obtenção de acordo, entre as negociações com e sem o apoio gráfico. No entanto, o tamanho das mensagens trocadas entre os negociadores foi em média 334 palavras maior nas negociações sem apoio visual. Os resultados indicam a possibilidade de que, sem o apoio visual, os indivíduos necessitem de explicações textuais mais extensas.

Algumas técnicas de Estatística Multivariada também têm sido usadas para mostrar e comparar alternativas avaliadas segundo múltiplos critérios. Dentre elas destacam-se a análise fatorial e a análise da componente principal- *Principal Components Analysis-PCA-Biplot*, para compreender seu uso em MCDA recomenda-se ver Stewart (1981), e a *Graphical Analysis for Interactive Aid-GAIA* que oferece um complemento visual para o *ranking* do PROMETHEE (Brans e Mareschal, 1994).

Em Losa *et al.* (2001), as técnicas são aplicadas para a visualização do diagrama de conflito e do efeito das mudanças nos parâmetros do modelo. A proposta utiliza as ferramentas visuais como forma de descrever, medir e incentivar a redução dos conflitos. A forma *biplot* de representação utiliza um *display* gráfico com n linhas (em geral, objetos) e m colunas (em geral, variáveis) como pontos num espaço, criando nuvens de pontos de modo a que se capture a variabilidade da matriz de dados. Para a representação da figura 4, usou-se a técnica de covariância-biplot, ver Gabriel (1981) para revisão de trabalhos na área. A figura 4 mostra o chamado Diagrama de Conflito gerado pela técnica, para o caso de 4 DMs representados por colunas e 3 alternativas representadas pelas linhas. A distância euclidiana aponta que os DM_1 e DM_2 têm posições (*scores* atribuídos) próximas, por exemplo.

Figura 4 - Diagrama de Conflito

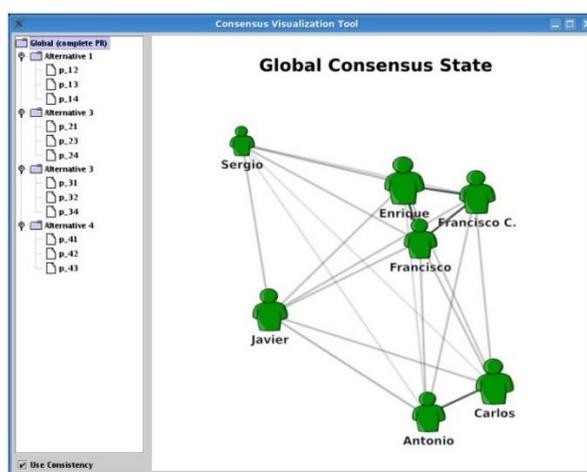


Fonte: Losa *et al.* (2001)

Alonso *et al.* (2007) apresentam uma ferramenta, baseada em relações de preferência *fuzzy*, que permite visualizar o estado do processo de consenso. Os autores apontam que a ferramenta é especialmente útil em situações nas quais vários especialistas atuam sem a possibilidade de se reunirem e estabelecerem uma comunicação mais direta.

A ferramenta faz uso de medidas de consistência e similaridade para a geração de diagramas, nos quais os especialistas são retratados próximos quando têm opiniões similares. A figura 5 apresenta o diagrama onde o DM Sergio é desenhado menor porque possui mais inconsistências ou opiniões contraditórias. Henrique, Francisco C. e Francisco, próximos porque possuem posições similares entre si, ficam distantes de Carlos e Antonio que possuem opiniões não similares em relação ao primeiro grupo.

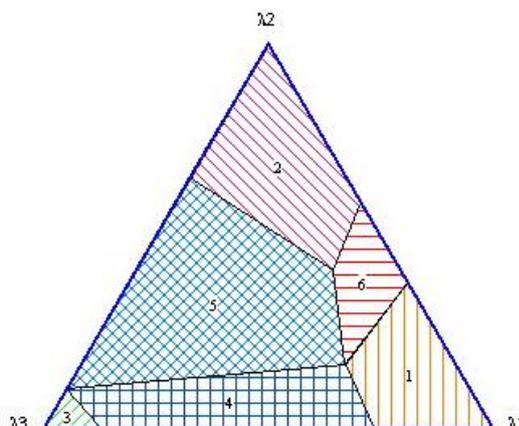
Figura 5 - Estado do consenso



Fonte: Alonso *et al.* (2007)

Desenhado com base na programação linear multiobjetivo, o TRIMAP é um método para a busca progressiva e seletiva por conjuntos de soluções não dominadas. Dedicar-se a problemas com 3 funções objetivas (três critérios), o que certamente limita sua aplicação, mas possibilita o uso de recursos gráficos muito eficientes. Segundo Clímaco e Antunes (1994) os recursos desse “pacote” de *software* ampliam indubitavelmente a capacidade dos DMs de processar a informação, simplificando os procedimentos nas fases de diálogo, e potencializando sua principal característica, o reconhecimento de padrões através de inspeção visual. A figura 6 mostra um *display* do TRIMAP. Ele representa 6 soluções não dominadas para um problema multiobjetivo com 3 critérios, no espaço dos pesos (λ_i).

Figura 6 - Um *display* do TRIMAP



Fonte: Clímaco e Antunes (1994)

Hodgkin *et al.* (2005:175) entendem a aplicação de MCDA em grupos como um processo coletivo de aprendizagem sobre determinado assunto, por isso seria importante ver e entender os diferentes pontos de vista ou as opiniões individuais. Elas afirmam que: “para a maioria das pessoas, *displays* visuais são os meios de comunicação mais poderosos”⁵. Também afirmam que as ferramentas visuais disponíveis em pacotes genéricos para MCDA ainda não são suficientemente adequadas para facilitar a análise de sensibilidade e comunicar resultados. As autoras acreditam que existem, essencialmente, 3 tipos de técnicas para a apresentação de dados multidimensionais em MCDA com variações nos pesos dos critérios em análises MAVT (*Multi-Attribute Value Theory*):

- i. Abordagens que procuram reter todas as informações e mostrá-las de alguma forma. Exemplo: V.I.S.A;
- ii. Abordagens que procuram reduzir as dimensões dos dados através de análises de estatística multivariada. Ex: Análise da Componente Principal (PCA-Biplot);
e
- iii. Abordagens com foco no resultado e apresentação da análise de sensibilidade. Exemplo: TRIMAP.

Por fim, sugerem que, em trabalhos futuros, sejam desenvolvidos novos mecanismos que combinem medidas quantitativas e ferramentas de visualização, de modo

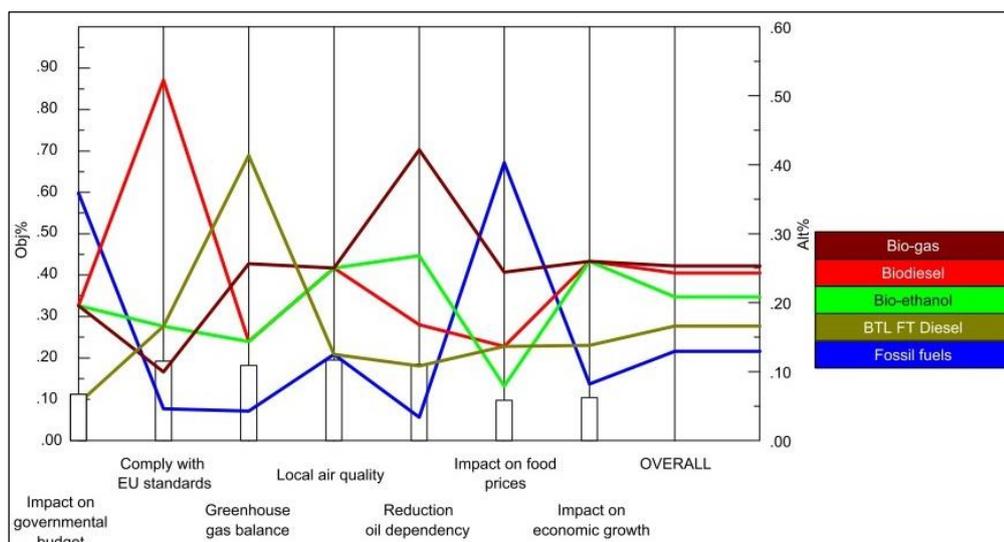
⁵ Tradução livre da autora. No original “Extensive work [...] confirms our view that, for majority of people, visual interactive displays are the most powerful means of communication” Hodgkin *et al.* (2005:175).

a destacar áreas de similaridade e diferença entre os indivíduos, como um caminho para encontrar meios mais potentes e sistemáticos de apoio multicritério à decisão em grupo.

Quando enfatizamos a importância da visualização é sobretudo pelo seu papel na comunicação e comparação dos pontos de vista diferentes, e porque acreditamos que a explicitação das diversas visões enriquece e aprofunda a análise do problema. Sobre esse aspecto é interessante ver alguns trabalhos, especialmente na área de projetos relacionados a transporte e desenvolvimento sustentável, onde se aplica a chamada MAMCA (*Multi-actor Multi-criteria analysis*), cujos exemplos de aplicações podem ser vistos em Turcksin *et al.* (2011) e De Brucker *et al.* (2013).

A abordagem MAMCA faz um esforço concentrado na inclusão e explicitação dos pontos de vista de todos os *stakeholders* no processo de decisão. O significado do **grupo** tem uma dimensão mais ampla, porque nos *stakeholders*, conforme definido por Freeman (1984), se incluem qualquer indivíduo ou grupo que possa afetar o desempenho de uma organização, ou que seja afetado pelo alcance de objetivos dessa organização. Assim, numa sociedade e contexto em foco, os consumidores, governo, assim como os produtores de energia podem ser *stakeholders* do processo de decisão, devendo por isso ter suas opiniões explicitamente consideradas. Dessa forma, **os membros do grupo não são necessariamente indivíduos**, mas representantes de um conjunto de interesses ou perspectivas. Nessa metodologia, a identificação dos vários *stakeholders*, ou a formação do grupo, é uma importante tarefa inicial para estruturação do processo, seguida da identificação dos seus objetivos, que serão então formulados sob forma de critérios a serem pesados. A figura 7 mostra a representação do ponto de vista de um *stakeholder*-governo numa análise MAMCA.

Figura 7 - Representação de um stakeholder- Análise MAMCA



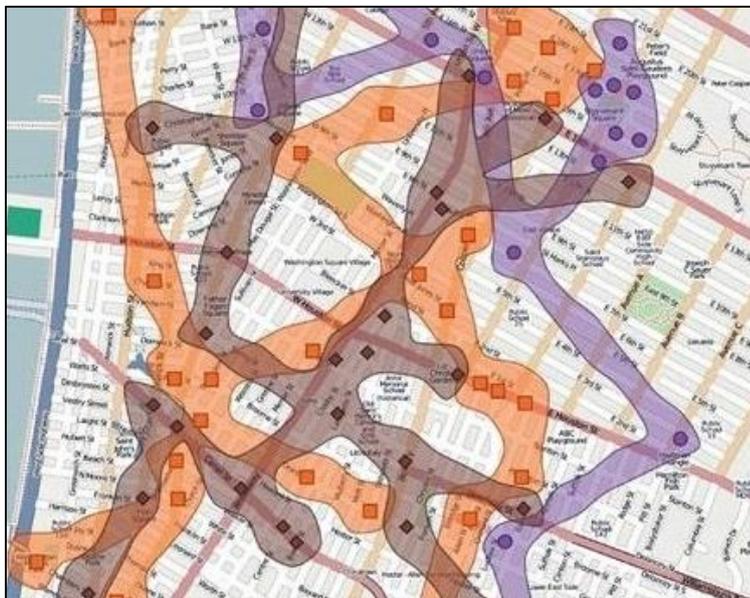
Fonte: Turcksin *et al.* (2011)

Ware (2013) propõe que o estudo de padrões de percepção permite extrair regras importantes acerca de como se podem organizar informações proforma a que sejam percebidas prontamente. Ele interpreta as leis da *Gestalt* (Proximidade; Similaridade; Conectividade; Continuidade; Simetria; Fechamento; e Figuras e Planos de Fundo) sob o ponto de vista de princípios de *design* para apresentação de informações, fornecendo um *guideline* com 168 princípios. Listamos abaixo, alguns dos **mais relevantes desses princípios, que foram observados na elaboração deste trabalho**:

- i. Desenhe representações gráficas tendo em conta as capacidades sensoriais humanas, de modo que os elementos de dados importantes sejam percebidos mais rapidamente;
- ii. Dados importantes devem ser representados por elementos gráficos visualmente mais distintos. Quantidades numéricas maiores devem ser representadas por elementos maiores, mais vivamente coloridos ou com textura mais forte;
- iii. Sistemas gráficos de símbolos devem ser padronizados dentro e entre aplicações;

- iv. A menos que o benefício da novidade supere o custo da inconsistência, adote ferramentas que são consistentes com outras comumente usadas. Considere o custo de aprender a usar soluções de *design* novo;
- v. Considere a colocação de informações relacionadas dentro de um contorno fechado. Cores e texturas podem ser usadas para definir as regiões com formas mais complexas. A figura 8 mostra um exemplo de uso eficiente dos contornos, cores e demais recursos citados para definir regiões com formas complexas;

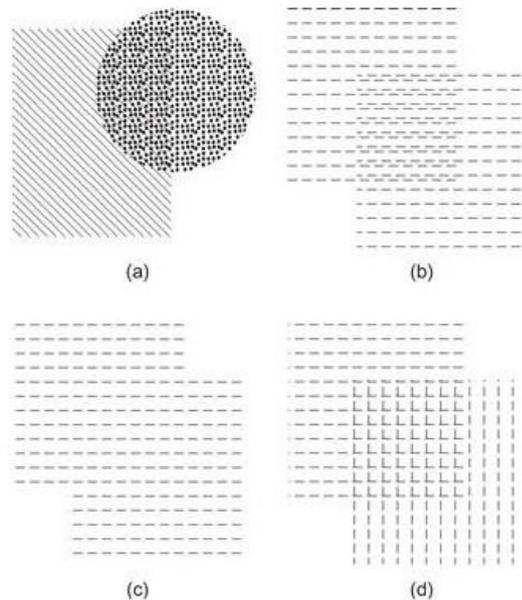
Figura 8 - Visualização com contornos fechados



Fonte: Ware (2013)

- vi. Para definir a sobreposição de áreas, considere a combinação de contornos, cores texturas e sombreamento. Por exemplo, a figura 9 apresenta o uso de texturas em sobreposição, no *display* c, não é perceptível a sobreposição das duas configurações.

Figura 9 - Visualização de sobreposição



Fonte: Ware (2013)

- vii. Desenhe *displays* que tenham a propriedade de revelar o efeito causado por interações entre variáveis, nos quais os objetos se tornem mais salientes quando se aproximam de valores críticos.
- viii. Quando criando diagramas mostrando o relacionamento entre entidades, use propriedades como: tamanho e espessura para representar a força do relacionamento entre as entidades.
- ix. Para criar uma imagem que represente uma classe de coisas, use exemplos canônicos.

2.5 Notas conclusivas

O capítulo teve início com a apresentação do conceito ampliado de consenso, dentre outros conceitos importantes no contexto. A Ciência do Apoio a Decisão e sua perspectiva construtivista foram discutidas conforme compreendidas neste trabalho. O enquadramento do estudo então seguiu com a análise dos métodos MCDA, que se

procurou agrupar, sem rigidez e considerando a possibilidade de integração, em: métodos de critério únicos de síntese, métodos de prevalência, métodos interativos, métodos de agregação-desagregação ou *case-based* e métodos fundamentados na simulação.

Uma seção final focou as perspectivas fundamentais neste trabalho, aquelas cujas abordagens têm maior proximidade e exercem maior influência sobre o que se propõe. Nessa linha, foram apresentados estudos que consideram o efeito *feedback* nos processos de decisão em grupo, assim como os trabalhos que enfatizam a importância da explicitação e visualização dos resultados individuais e do grupo, usando-os como meios de comparar, analisar e apoiar o processo de decisão. A combinação da consideração explícita dos pontos de vistas individuais, com mecanismos para a comparação e análise, assim como flexibilidade para as revisões das opiniões, são ideias centrais desenvolvidas ao longo desta proposta.

A Problemática da Classificação e o Método ELECTRE TRI

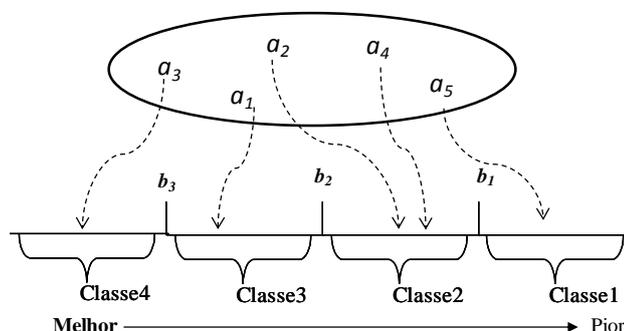
Este capítulo trata da problemática da classificação e do método ELECTRE TRI. Acerca da problemática da classificação, explana-se a questão, as áreas de estudos que se dedicam a ela, as diferentes abordagens, os usos e objetivos envolvidos.

Sobre o ELECTRE TRI, apresentam-se os métodos da família ELECTRE, seus conceitos comuns e ideias centrais, como: as comparações par a par; as relações de prevalência; e o conceito de pseudo-critério. Segue-se com as fórmulas utilizadas no ELECTRE TRI, o significado dos parâmetros do método e maneiras possíveis para atribuição de seus valores.

3.1 Sorting

A problemática da classificação referida neste trabalho corresponde à situação onde um decisor ou grupo de decisores deve alocar alternativas a_i de um conjunto A considerado em uma das classes ou categorias⁶ predefinidas e ordenadas, da melhor para a pior, tendo em conta, explicitamente, múltiplos critérios. A figura 10 ilustra o problema.

Figura 10 - A problemática de classificação



⁶ Neste trabalho, optou-se por utilizar as denominações classes e categorias indistintamente, embora alguns autores prefiram utilizar classe para agrupamentos nominais e categorias para agrupamentos ordinais (Dias e Clímaco, 2005; Zopounidis e Doumpos, 2002b)

A avaliação de desempenho e a classificação de alternativas, segundo múltiplos critérios, verificam-se em muitas organizações e em diversas situações. No entanto nem sempre esses processos se dão em grupo ou apoiados por métodos multicritério sólidos, como aqui se propõe. A necessidade de categorizar desempenhos pode-se apresentar nas organizações de variadas formas, as quais derivam de diferentes objetivos. Abaixo citamos, a título de exemplo, alguns desses objetivos:

- i. O estabelecimento de premiações, incentivos ou remuneração variável. Nesse caso, podem-se classificar os desempenhos dos membros de uma equipe de vendas, por exemplo, a fim de oferecer remuneração variável, maior àqueles enquadrados nas categorias de desempenho superior, ou ainda estabelecer premiação a unidades, departamentos ou indivíduos de uma organização;
- ii. A avaliação de investimentos ou projetos alternativos, de compras ou contratações;
- iii. A elaboração de estratégias diferenciadas para unidades de negócio, em consonância com seus respectivos desempenhos. Essas unidades de negócio (linhas de produto, segmentos de mercado, territórios...) podem, por exemplo, ser classificadas em categorias de alto potencial, médio potencial..., sendo cada categoria associada a uma estratégia de atuação; e
- iv. A distinção criteriosa entre as alternativas, funcionando como um serviço de informação a consumidores potenciais. Como exemplo temos a classificação de hotéis e restaurantes em categorias ordenadas (5 estrelas, 4 estrelas...).

Noutras áreas, como na área da saúde, apresenta-se o problema de categorizar pacientes em diferentes níveis de evolução da doença. No planejamento governamental, categorizam-se áreas geográficas prioritárias ou programas. Enfim, é possível afirmar que a problemática é multidisciplinar e de substancial relevância.

Dentre as problemáticas de escolha, ordenação e classificação, nos métodos relacionais existe uma diferença que é importante destacar. Ela refere-se ao modo como são avaliadas as alternativas- de maneira absoluta ou relativa. Nos casos de escolha e *ranking*, a comparação para estabelecer a(s) melhor(es) e pior(es), é, muitas vezes, feita através de julgamentos comparativos entre os elementos a_i do conjunto A. De modo que, a

escolha das melhores alternativas ou a determinação de suas posições numa ordenação de preferência pode depender do julgamento das comparações relativas entre si.

No caso da classificação (*sorting*), com métodos MCDA é possível que cada alternativa seja considerada de maneira independente das demais. Nesse caso, os julgamentos são feitos de maneira absoluta e os resultados são expressos sob a forma de alocação/não alocação numa categoria preordenada por parâmetros ou exemplo(s). Assim a classificação de a_i é resultado do seu desempenho intrínseco nos critérios e da caracterização que define a categoria e independe da alocação de outras alternativas. As categorias são concebidas de modo que os valores das alternativas de uma mesma categoria são iguais entre si.

Acerca desse assunto, é interessante apresentar a visão de Vetschera *et al.* (2010: 841). Ele refere-se ao termo “*value-based sorting methods*”, para definir métodos que designam valores globais para as avaliações das alternativas. Afirmam que, em geral, a tarefa da classificação pode ser vista como uma versão relaxada da tarefa de estabelecer uma ordenação linear sob a forma de *ranking*. A existência de uma avaliação numérica para as alternativas, permitiria que fossem estabelecidos *rankings* internos aos grupos. Entretanto, essa possibilidade não é relevante na *value-based sorting*, cujo objetivo é antes alocar alternativas a grupos que já refletem as preferências ordenadas dos decisores.

É comum nas organizações o uso de métodos baseados na média ponderada para a avaliação de desempenho de alternativas/ações/unidades. Vale ressaltar que esse uso pode facilitar a ocorrência de erros relacionados às escalas não homogêneas dos critérios, especialmente envolvendo dados qualitativos e quantitativos. Mesmo desempenhos normalizados podem conduzir a resultados distintos, dependendo do método de normalização utilizado.

Quando uma síntese numérica representa o valor das alternativas, desempenhos medíocres em critérios específicos podem ser compensados por bons desempenhos em outros critérios e alternativas equilibradas não são valorizadas. Isso acontece, mesmo quando o valor de síntese é obtido através da MAVT, segundo um modelo de valor/utilidade do tipo $V(a_i) = f(v_1(a_i), v_2(a_i), \dots, v_t(a_i))$. Nesse caso, para uma classificação, é possível definir fronteiras entre as categorias e implementar uma regra

simples de classificação. Os cortes dos valores sintetizados definiriam, *a posteriori*, categorias que dependem dos dados relativos do conjunto.

Em relação a um modelo MAVT para a classificação, um método *outranking* como o ELECTRE TRI, apresenta a vantagem de não necessitar de axiomas e condições fortes para sua validade. Nele os coeficientes de importância k_j são denominados w_j e de fato representam os pesos dos critérios (poder de voto de cada um deles) independentemente de escalas. O método possui ainda a vantagem de possibilitar a penalização de desempenhos fracos em critérios específicos, inviabilizando a completa compensação.

No entanto, é preciso considerar uma desvantagem reconhecida do método ELECTRE TRI. Ele requer um número considerável de parâmetros, o que exige muitos *inputs* dos decisores para estabelecer o modelo de avaliação das alternativas. Essa característica também implica uma relativa maior complexidade do método em termos computacionais. Por outro lado, devido a necessidade de estabelecimento de parâmetros explícitos para a avaliação das alternativas, o método requer que os decisores reflitam sobre os objetivos e critérios de julgamentos em si, um a um, o que pode contribuir para clarificar o problema. Isso pode ser dificultado quando a classificação é feita a partir de valores numéricos de síntese, seguida por quebras nos números ordenados para a formação das classes.

Além da MCDA, diversas áreas de estudos dedicam-se ao problema da classificação, destacando-se: a MAUT (*Multiple Attribute Decision Making*), a Otimização Multiobjetivo (*Multiple Objective Optimization*) e as Análises de Estatística Multivariada.

Segundo, Almeida-Dias (2010), diversas abordagens têm sido utilizadas para tratar o assunto, dentre as mais conhecidas destacam-se: *Clustering*, Regras de Decisão, Conjuntos Aproximados (*Rough sets*), Conjuntos Difusos (*Fuzzy Sets*), Redes Neurais, Reconhecimento de Padrões, Aprendizagem Automática, Análise Discriminante. Alguns estudos apresentam revisões amplas da literatura acerca dessas abordagens e metodologias dedicadas ao problema da classificação (e.g. Figueira *et al.*, 2010; Zopounidis e Doumpos, 2002a).

Almeida-Dias (2010) apresenta uma proposta de taxonomia para enquadrar os diversos tipos de problemas de classificação, considerando:

- i. O tipo de ordenação das categorias - totalmente/parcialmente/não ordenadas;
- ii. O modo como são definidas as categorias e seus limites - fronteira limitada ou ações características; e
- iii. Restrições ao tamanho - limitado ou ilimitado.

A partir dessa taxonomia, caracteriza-se o método ELECTRE TRI (versão clássica ou original), conforme utilizado neste trabalho, como: totalmente ordenado em termos de categoria, com fronteiras limitadas e sem restrições de tamanho. O autor enquadra nessa tipologia, à qual denominou TBU (*Totally ordered, Bounded and Unlimited*), os métodos: *Trichotomic segmentation procedure* (Moscarola e Roy, 1977); Utadis (Devaud *et al.*, 1980); N-Tomic (Massaglia e Ostanello, 1991); **ELECTRE TRI (Yu, 1992; Roy e Bouyssou, 1993)**; ORCLASS (Larichev e Moshkovich, 1994; Larichev *et al.*, 2002); FPP: *Filtering by strict preference* (Perny, 1998); Utadis I (Doumpos e Zopounidis, 1998); Utadis II (Zopounidis e Doumpos, 1999a); Utadis III (Zopounidis e Doumpos, 1999b); M.h.Dis (Zopounidis e Doumpos, 2000); *Multi-profile sorting by intersection sets* (Norese e Viale, 2002); TOMASO (Roubens, 2002; Marichal *et al.*, 2005); PairClas (Doumpos e Zopounidis, 2004); PromSort (Araz e Ozkarahan, 2007); *FlowSort* (Nemery e Lamboray, 2008); FIS - *Fuzzy Inclusion Sorting* (Rigopoulos *et al.*, 2008); e SMAA-Tri (Tervonen *et al.*, 2009).

3.2 O ELECTRE TRI

O método ELECTRE TRI (Yu 1992) é um método de prevalência da área MCDA, concebido, especificamente, para tratar a problemática da classificação. Assim como noutros métodos da família ELECTRE (ver seção 2.3 deste trabalho), as preferências são modeladas no ELECTRE TRI com base em relações de prevalência (*outranking*) binárias (Roy e Bouyssou, 1993; Dias, 2000; Figueira *et al.*, 2005; Figueira *et al.*, 2013).

A relação de prevalência S , $a_i S b_h$, significa: a_i é pelo menos tão boa quanto b_h . A partir dessa relação, podem ser estabelecidas outras situações: preferência estrita; indiferença; incomparabilidade; e preferência fraca, conforme definidas a seguir:

- $a_i P b_h$ – significa a_i é estritamente preferida a b_h e também pode ser descrita como $a_i S b_h$ e não $b_h S a_i$;
- $a_i I b_h$ – significa a_i é indiferente b_h ;
- $a_i R b_h$ – significa a_i é incomparável a b_h ; e
- $a_i Q b_h$ – significa a_i é fracamente preferida a b_h

Note-se que a relação S abrange ou inclui as três primeiras relações P , Q e I .

No ELECTRE TRI, a alocação de cada uma das alternativas $a_i \in A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$ em uma classe é resultado das comparações sucessivas entre os seus desempenhos $g_j(a_i)$ e os desempenhos das alternativas de referência ou perfis $g_j(b_h)$, $b_h \in B = \{b_1, b_2, \dots, b_h, \dots, b_{k-1}\}$, em cada um dos critérios $j = 1, 2, \dots, t$.

Os perfis funcionam como limites inferiores e/ou superiores posicionados entre as k classes ordenadas. Os perfis podem ser alternativas reais ou fictícias, cujos desempenhos nos critérios $g_j(b_h)$ servem como parâmetro de referência para as suas classes limítrofes. Eles devem ser coerentes, de tal forma que, as ações de referência das categorias mais elevadas devem ter desempenhos melhores do que os das categorias inferiores, em todos os critérios. A seção 5.1.1 deste trabalho aprofunda as questões envolvidas na definição desses perfis.

O ELECTRE TRI adota o modelo **pseudo-critério**, também utilizado por outros métodos da família ELECTRE (ELECTRE IS, ELECTRE III e ELECTRE IV) para dar maior flexibilidade à modelagem das relações de prevalência. Fora do modelo pseudo-critério, uma ação é preferível a outra, num determinado critério, se o seu desempenho for superior ao da outra, não importando se a diferença entre os desempenhos é grande ou muito pequena.

O modelo pseudo-critério introduz limiares de indiferença q_j e preferência p_j nas referidas comparações (a_i, b_h) , principalmente, com a intenção de ter em conta imprecisões ou o caráter imperfeito dos dados e também das preferências. Desse modo passa a ser possível que duas ações sejam consideradas indiferentes caso a diferença entre seus

desempenhos não seja significativa no critério, ou seja, esteja dentro de um intervalo limitado pelo valor atribuído ao limiar de indiferença. Se a diferença estiver entre os limiares q_j e p_j , existe então uma preferência fraca, e acima do limiar de preferência, existe uma preferência estrita. Roy e Vincke (1984) consideram a existência de três possíveis modelos, estabelecidos a partir das relações e valores de q_j e p_j , são eles:

Se $0 = q_j = p_j$, temos o Verdadeiro-critério;

Se $0 \leq q_j = p_j$, temos o Quase-critério; e

Se $0 \leq q_j \leq p_j$, temos o Pseudo-critério.

Como afirmam Neves *et al.* (2008), os limiares do modelo pseudo-critério permitem que a transição da indiferença para preferência seja feita linearmente entre q_j e p_j . Podemos interpretar os limiares do modelo pseudo-critério como: q_j - a mínima margem de imprecisão associada a um dado critério; e p_j - a máxima margem de erro associada a um dado critério.

Rogers e Bruen (1998: 547) defendem que os limiares q_j e p_j não devem ser definidos de maneira totalmente arbitrária ou derivada apenas das imprecisões dos dados, eles afirmam: “*It is imperative that p and q be chosen in a rational and defendable manner, and that we explicitly estimate them[...]*”.

Considerando o exposto, eles propõem as seguintes definições para os limiares: q_j - é o ponto onde uma opção é mensuravelmente distinguível de uma outra; e p_j - é o ponto onde uma opção é percebida como sendo claramente preferível a uma outra. Enfatiza-se que essas definições são centradas nas percepções humanas e, na prática, eles estimam funções lineares consistentes com a natureza de cada critério para a definição de valores variáveis para os limiares, inclusive para o veto (v_j).

O limiar v_j , embora tenha alguma relação com os demais limiares, já que deve assumir um valor positivo tal que $v_j \geq p_j \geq q_j \geq 0$, tem um papel bastante diferente dos demais limiares na modelagem dos métodos ELECTRE. Seu efeito vai além do critério para o qual foi estabelecido. O limiar v_j reflete o grau de discordância do critério, determinando a capacidade dada a esse critério, quando discordante, para rejeitar sozinho

(sem a ajuda ou compensação de outros critérios) a afirmação $a_i S b_h$ e a alocação de a_i em uma categoria.

Nowak *et al.* (2004) também estabelecem valores variáveis para os limiares. No contexto de um problema estocástico, eles fazem uso da média dos desempenhos a_i no critério j para estabelecer funções lineares para p_j e v_j , de modo que, as constantes das funções possam assumir valores variáveis.

Segundo Almeida-Dias (2010), a introdução de limiares variáveis permite ter em conta os desempenhos comparados, considerando suas posições ao longo da escala de medida do critério. Isso pode ser feito definindo funções positivas para os limiares de duas formas:

- i. Limiares **diretos**, onde a fronteira entre as zonas de indiferença e preferência é caracterizada seguindo de forma **crescente** na escala de preferência do critério. Nesse caso, temos para p_j , por exemplo:

$$\begin{aligned} g_j(a_i) - g_j(b_h) &\geq p_j(g_j(b_h)) && \text{se o critério é a maximizar} \\ g_j(b_h) - g_j(a_i) &\geq p_j(g_j(a_i)) && \text{se o critério é a minimizar} \end{aligned}$$

- ii. Limiares **inversos**, q'_j e p'_j , onde a fronteira entre as zonas de indiferença e preferência é caracterizada seguindo de forma **decrecente** na escala de preferência do critério. Nesse caso, temos para p'_j , por exemplo:

$$\begin{aligned} g_j(a_i) - g_j(b_h) &\geq p'_j(g_j(a_i)) && \text{se o critério é a maximizar} \\ g_j(b_h) - g_j(a_i) &\geq p'_j(g_j(b_h)) && \text{se o critério é a minimizar} \end{aligned}$$

Note-se que os limiares diretos e inversos para q'_j e v'_j seguem a mesma linha de raciocínio da exemplificada acima para p'_j . A consideração de limiares inversos possibilita que se tenha em conta não somente as desvantagens das alternativas em comparações com o perfil, permitindo a discriminação das vantagens igualmente. Neste trabalho, optamos por utilizar apenas os limiares diretos por motivos de simplificação.

A aplicação do método ELECTRE TRI requer que sejam calculados, em sequência, índices de concordância parcial $c_j(a_i, b_h)$, concordância geral $C(a_i, b_h)$, discordância $D_j(a_i, b_h)$ e credibilidade $\sigma(a_i, b_h)$ para as relações de prevalência $a_i S b_h$ (“ a_i é pelo menos tão boa quanto b_h ”), considerando os desempenhos $g_j(a_i)$ e $g_j(b_h)$ em cada um dos critérios.

O cálculo dos referidos índices utiliza os parâmetros: limiar de indiferença q_j , limiar de preferência p_j , e limiar de veto v_j , definidos por critério ou estabelecidos para cada uma das comparações (a_i, b_h) , por perfil, quando assumem as formas: $q_j(b_h)$, $p_j(b_h)$, e $v_j(b_h)$, respectivamente.

Definidos esses parâmetros, é possível obterem-se os índices de concordância parciais $c_j(a_i, b_h)$ para a afirmação $a_i S_j b_h$ a partir das fórmulas:

$$\Delta_j(a_i, b_h) = \begin{cases} g_j(a_i) - g_j(b_h) & \text{se o critério é a maximizar} \\ g_j(b_h) - g_j(a_i) & \text{se o critério é a minimizar} \end{cases}$$

$$c_j(a_i, b_h) = \begin{cases} 1 & \text{se } \Delta_j(a_i, b_h) \geq -q_j \\ \frac{p_j + \Delta_j(a_i, b_h)}{p_j - q_j} & \text{se } -p_j \leq \Delta_j(a_i, b_h) < -q_j \\ 0 & \text{se } \Delta_j(a_i, b_h) < -p_j \end{cases}$$

Partindo-se dos índices de concordância parcial $c_j(a_i, b_h)$, calcula-se a concordância geral $C(a_i, b_h)$ que é o resultado da agregação dos índices de concordância parcial para todos os critérios. A agregação das concordâncias parciais requer a definição da importância relativa de cada um dos critérios sob forma de pesos w_j . A fórmula usada para o cálculo de $C(a_i, b_h)$ será:

$$C(a_i, b_h) = \frac{\sum_{j=1}^t w_j c_j(a_i, b_h)}{\sum_{j=1}^t w_j}$$

Os limiares de veto podem estabelecer índices de discordância que impossibilitem estabelecer a afirmação “ a_i prevalece sobre b_h ”. Os índices de discordância são calculados para cada um dos critérios segundo a fórmula:

$$D_j(a_i, b_h) = \begin{cases} 1 & \text{se } -\Delta_j(a_i, b_h) > v_j \\ 0 & \text{se } -\Delta_j(a_i, b_h) \leq p_j \\ \frac{p_j + \Delta_j(a_i, b_h)}{p_j - v_j} & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O método requer que a concordância geral seja ajustada ou reduzida quando houver discordâncias significativas geradas por efeito de veto nos critérios. A essa concordância geral combinada com as discordâncias dá-se o nome de índice de credibilidade $\sigma(a_i, b_h)$, que é calculado através das fórmulas:

Sendo $\bar{F} = \{j | D_j(a_i, b_h) > C(a_i, b_h)\}$

$$\sigma(a_i, b_h) = \begin{cases} C(a_i, b_h) & \text{se } \bar{F} = \emptyset \\ C(a_i, b_h) \prod_{j \in \bar{F}} \frac{1 - D_j(a_i, b_h)}{1 - C(a_i, b_h)} & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A credibilidade é uma medida pertencente ao intervalo [0,1], por isso, para o estabelecimento da relação de prevalência $a_i S b_h$ ou $\neg a_i S b_h$ (a negação da afirmação “ a_i é pelo menos tão boa quanto b_h ”) é necessário que seja definido um nível ou limiar de corte λ . Segundo os autores do método, o limiar de corte é o menor valor pertencente ao intervalo [0.5,1] compatível com a afirmação $a_i S b_h$. É apenas quando $\sigma(a_i, b_h) \geq \lambda$ que a_i prevalece sobre b_h .

Finalmente, existem dois procedimentos possíveis para determinar a alocação de uma alternativa em uma classe:

O **pessimista** - uma alternativa é comparada sucessivamente com $b_{k-1}, b_{k-2}, \dots, b_1$, do melhor para o pior perfil e, então, é alocada na melhor classe tal que $a_i S b_h$, ou seja, após

as sucessivas comparações, a_i é alocada na primeira categoria, da melhor para a pior, em que $\sigma(a_i, b_h) \geq \lambda$.

O **otimista** - uma alternativa é comparada sucessivamente com b_1, b_2, \dots, b_{k-1} , do pior perfil para o melhor perfil e, então, é alocada na pior categoria tal que $b_h S a_i$ e $\neg a_i S b_h$, onde $\sigma(a_i, b_h) < \lambda$.

Almeida-Dias *et al.* (2010), afim de evitar conotações ambíguas, recomendam o uso de denominações diferentes para os procedimentos acima. Para denominar o que era chamado procedimento pessimista passou-se a dizer pseudo-conjuntivo e o procedimento otimista passou-se a dizer pseudo-disjuntivo.

Note-se que o método ELECTRE TRI não é uma metodologia de comparação par a par **direta**, neste sentido ele é diferente de outros métodos relacionais. Para cada comparação, a relação de prevalência derivada diz respeito a uma alternativa e uma categoria (representada por um perfil), e não a uma alternativa com outra alternativa sendo considerada. De acordo com Figueira *et al.* (2013), a alocação de uma alternativa obtida com o método não depende da alocação de outras alternativas ou influencia a alocação dessas outras alternativas. Dessa forma, o ELECTRE TRI está imune ao problema da intransitividade e ao chamado efeito *rank reversal*⁷, que pode ocorrer em outros métodos da família ELECTRE.

Desde que Mosseau e Slowinski (1998) propuseram um modelo de otimização interativa para inferir os parâmetros do ELECTRE TRI, muitos outros trabalhos têm sido desenvolvidos considerando a inferência de parâmetros, especificamente para o método: Mousseau *et al.* (2000); Mousseau *et al.* (2001); Ngo The e Mousseau (2002); Dias *et al.* (2002); Doumpos e Zopounidis (2002); Mousseau *et al.* (2003); Dias e Mousseau (2003); Lourenço e Costa (2004); Mousseau *et al.* (2006); e Dias e Mousseau (2006); são alguns deles. De modo geral, busca-se através de técnicas de otimização estabelecer um conjunto (mais global ou parcial) de parâmetros que minimize as diferenças entre os resultados

⁷ O *rank reversal* pode ocorrer quando o método utilizado não possui a propriedade da independência com relação às ações irrelevantes. A propriedade estabelece que, sendo duas ações comparadas, a relação de preferência entre elas não deve depender da presença ou ausência de outras ações. O método ELECTRE TRI (incluindo suas variantes TRI-C e TRI-NC) é o único da família ELECTRE que não está sujeito a esse efeito (Figueira *et al.* 2013: 70)

encontrados pelo modelo e os resultados obtidos pela alocação de exemplos feitas pelos DMs.

Mais recentemente, Cailloux *et al.* (2012) apresentaram uma proposta para eliciar os limites das categorias no ELECTRE TRI no contexto da decisão em grupo. O procedimento calcula um conjunto de perfis e vetos comuns a todos os DMs, mantendo os seus pesos variáveis. Foram desenvolvidos programas, baseados em programação linear inteira mista, para encontrar, a partir dos exemplos de alocações dos DMs, perfis e vetos partilhados. A ideia é propor um algoritmo para inferir um modelo que possa facilitar o consenso do grupo, o qual recomenda-se ser utilizado combinado com outro algoritmo proposto em Damart *et al.* (2007). Embora a abordagem seja interessante e relacionada a este trabalho, já que busca facilitar o consenso em aplicações do ELECTRE TRI, ela difere substancialmente desta proposta, porque tem como ponto de partida os exemplos fornecidos pelos decisores e a inferência de modelos via programação linear.

O termo método de classificação *case-based* é usado em Vetschera *et al.* (2010) para denominar esses métodos onde os DMs consideram um conjunto de casos reais ou hipotéticos, e são solicitados a fazerem alocações dos casos em classes predefinidas. Eles acreditam que esses métodos são geralmente mais rápidos e fáceis para os DMs, mas apontam uma desvantagem importante: o julgamento dos DMs, quando feito para poucos casos, pode produzir apenas informações de preferências fracas, as quais podem ser consistentes com muitas formas diferentes de alocar as alternativas. Isso dá-se porque os métodos *case-based* usam modelos de otimização para identificar os parâmetros preferenciais que reproduzem a visão global do DM, com mínimo erro. Quando há pouca informação sobre as preferências do DM, muitos conjuntos de parâmetros podem corresponder ao mesmo valor de erro mínimo.

Mostra-se no estudo através de uma série de simulações, que de fato há melhoria na qualidade da eliciação do modelo preferencial com a introdução de informações adicionais obtidas com mais casos. A avaliação dos modelos preferenciais teve como base três medidas: o índice de compatibilidade, relacionado ao número de vetores de pesos consistentes; o índice de validade, referente à proximidade dos resultados em relação a classificação real; o índice de robustez, que considera a probabilidade de alocação de a_i no grupo mais ajustado.

Neves *et al.* (2008) apresentam uma aplicação do método ELECTRE TRI para a classificação de iniciativas em eficiência energética. O trabalho demonstra procedimentos interessantes, principalmente por serem práticos e simples, para a definição de parâmetros e estruturação de um modelo no ELECTRE TRI, em sua forma original, não *case-based*, a partir de eliciação direta dos parâmetros. Para isso, foi elaborado e submetido aos especialistas envolvidos no problema um questionário, onde as seguintes consultas foram feitas:

- i. Sobre a importância relativa dos critérios: Qual seria a distribuição de 100 votos a ser feita entre os diferentes critérios?
- ii. Sobre o limiar de veto: Existem desempenhos inaceitáveis em qualquer um dos critérios que deva evitar a classificação da ação na classe K ? E na classe $k-1$...?
- iii. Sobre os perfis das classes: Selecione o limite inferior para a categoria K , para $k-1$,...,e assim sucessivamente.

Quanto aos limiares q_j e p_j , Neves *et al.* (2008) fixaram seus valores correspondentes a 1% e a 10%, respectivamente, do valor do intervalo dos desempenhos em cada critério. Entretanto, concluem que poderiam ter feito melhor se utilizassem os percentis 95% e 5% para definir o valor desse intervalo de desempenhos, eliminando, dessa forma, os valores máximos e mínimos mais extremos.

A respeito da definição dos valores dos pesos, Matos (2008) chama a atenção para um problema frequente na prática de processos onde são usadas funções de valor multiatributo. Ocorre que os decisores tendem a manter em suas mentes a noção intuitiva da importância relativa dos critérios, que pode ser conflitosa com os parâmetros k_j nas funções de valor multiatributo obtidas em processos tradicionais. Diferentes de alguns outros métodos MCDA, os pesos w_j no ELECTRE TRI podem ser obtidos de maneira direta, como feito em Neves *et al.* (2008), porque de fato representam a importância relativa dos critérios e não coeficientes ou taxas de substituição. O mesmo autor afirma que métodos como o AHP de Saaty (1980) e similares, não enfrentam essa dificuldade porque consideram a importância relativa dos atributos, conforme percebido pelo DM. Embora estejam sujeitos a outros tipos de dificuldades, como a possível reversão de *ranking*, já que os *scores* das alternativas são interdependentes.

O papel dos pesos nos métodos ELECTRE é peculiar já que não depende das escalas dos critérios envolvidos. Vincke (1992) faz uma analogia entre os pesos dos critérios no ELECTRE e o número de votos que um candidato recebe, onde o resultado depende da importância de cada critério (candidato).

Almeida-Dias *et al.* (2010) propõem um novo método chamado ELECTRE TRI-C baseado no ELECTRE TRI original, o qual passa a ser denominado ELECTRE TRI-B. O novo método é apropriado para lidar com contextos onde as categorias são completamente ordenadas e existe dificuldade para se estabelecer os limites ou fronteiras das classes. O novo método usa ações características representativas de cada categoria para a constituição do conjunto de categoria, ao invés de perfis ou referências para os limites entre as categorias onde as alternativas são alocadas. O conjunto de ações de referência é estabelecido através de processo iterativo entre os DMs e o analista conforme recomendações necessárias, de forma a garantir requisitos estruturais (conformidade, homogeneidade, monotonicidade e estabilidade).

O ELECTRE TRI-C requer duas regras para alocação final das alternativas: a regra descendente e a ascendente, que precisam ser usadas conjuntamente. Cada regra produz uma recomendação para a alocação de a_i , que pode resultar em alocações iguais ou diferentes, no último caso a alocação pode compreender uma gama de categorias possíveis. Para a alocação final, é preciso analisar uma função de seleção $\rho(a_i, b_l) = \min\{\sigma(a_i, b_l), \sigma(b_l, a_i)\}$.⁸

A regra descendente aplica-se com um dado limiar de corte λ . Deve-se decrescer o índice da categoria l de $(k + 1)$ até que se encontre uma categoria s (a primeira encontrada), onde $\sigma(a_i, b_s) \geq \lambda$:

- a) Para $s = k$, selecione K_k
- b) Para $1 < s < k$, se $\rho(a_i, b_s) > \rho(a_i, b_{s+1})$, então selecione K_s , caso contrário, selecione K_{s+1}
- c) Para $s = 0$, selecione K_1

⁸ Optou-se por utilizar a notação b_l e não b_h nesta parte do texto, porque no ELECTRE TRI-C os perfis funcionam como ações características representativas das categorias, eles não atuam como limites das fronteiras entre essas categorias e constituem um conjunto $B_C = \{b_0, b_1, \dots, b_k, b_{k+1}\}$, diferente do conjunto $B = \{b_1, b_2, \dots, b_{k-1}\}$ usado tradicionalmente.

A regra descendente aplica-se com um dado limiar de corte λ . Deve-se aumentar o índice da categoria l de zero até que se encontre uma categoria r (a primeira encontrada), onde $\sigma(b_l, a_i) \geq \lambda$:

- a) Para $r = 1$, selecione K_1
- b) Para $1 < r < (k + 1)$, se $\rho(a_i, b_r) > \rho(a_i, b_{r-1})$, então selecione K_r , caso contrário, selecione K_{r-1}
- c) Para $r = (k + 1)$, selecione K_k

Alguns trabalhos recentes têm aplicado o ELECTRE TRI-C, em diferentes áreas. Macary *et al.* (2014) apresentam um estudo de caso onde o método é utilizado para categorizar zonas de risco de erosão. O método é associado a um sistema de informação geográfica para visualização das áreas. Mota e Almeida (2012) aplicam o ELECTRE TRI-C para ajudar a gestão de projetos, o estudo permitiu priorizar, em diferentes categorias, as atividades envolvidas num projeto de construção. Figueira *et al.* (2011) aplicam o método para lidar com um problema de reprodução humana assistida, consistindo em alocar casais em categorias de transferências de embriões.

Alguns trabalhos buscam avanços para o método, Almeida-Dias *et al.* (2012) apresentam uma extensão do método chamado ELECTRE TRI-NC, onde é possível introduzir várias ações representativas de cada categoria e não apenas uma ação de referência típica, enquanto Kadzinski *et al.* (2015) buscam aprimorar o ELECTRE TRI-C incorporando quatro modificações relevantes.

Primeiramente, Kadzinski *et al.* (2015) reformulam o método de forma que o resultado possa ser apresentado sob a forma de limites de alocação, categoria mais alta e mais baixa onde a pode ser alocada. A segunda modificação é a introdução de um procedimento de desagregação para inferir o modelo de classificação, a partir de exemplos de alocações, que podem ser fornecidos pelos DMs como intervalos adjacentes de categorias (a pode ser alocada nas categorias muito boa ou boa, por exemplo). Uma terceira proposta é introduzida para explorar o conjunto de modelos possíveis através do uso da ROR (*Robust Ordinal Regression*) adaptada para os métodos MCDA baseados em relações de prevalência. Por fim, propõem o ELECTRE TRI-rC, cujos procedimentos de

alocação (regras descendentes e ascendentes) são simplificados para garantir um espaço convexo para os modelos compatíveis com os exemplos

O método ELECTRE TRI-NC, embora ofereça facilidades relevantes para o desenho do conjunto de categorias, já que requer menos informações dos DMs, não facilitaria o tratamento das preferências individuais de maneira visual, comparativa e interativa para se alcançar o consenso, conforme proposto neste trabalho. As dimensões do problema tornariam o desafio ainda mais complexo, já que precisariam ser dobradas para a aplicação do método, porque para a obtenção de cada resultado individual, que se apresentaria sob a forma de intervalos, seria necessário a aplicação dos procedimentos descendentes e ascendentes que requerem o dobro de comparações para cálculo das credibilidades $\sigma(a_i, b_h)$ e $\sigma(b_h, a_i)$.

3.3 Notas conclusivas

O capítulo teve início com a discussão sobre o problema da classificação. Viu-se que existem muitas áreas de estudos e abordagens que lidam com o assunto. Especificou-se a problemática da classificação referida neste estudo: vista dentro da área MCDA, com categorias ordenadas e fronteiras limitadas, e por isso denominada problemática *sorting*.

Uma segunda seção apresentou a fundamentação do ELECTRE TRI, método de prevalência MCDA concebido para tratar a problemática *sorting*. Além da relação $a_i S b_h$, a_i é pelo menos tão boa quanto b_h , foram apresentadas as possíveis relações de prevalência comuns nos métodos da escola francesa: preferência estrita, preferência fraca, indiferença e incomparabilidade. Também foi discutido o modelo pseudo-critério, que juntamente com as relações de prevalência, constituem as ideias centrais de base para o ELECTRE TRI. Foram apresentadas as formulações e os parâmetros envolvidos nos cálculos dos índices de credibilidade das relações $a_i S b_h$, considerando seus significados e os possíveis meios para definir seus valores.

Apresentaram-se alguns trabalhos acerca de formas para facilitar o estabelecimento de valores para os muitos parâmetros do ELECTRE TRI, incluindo os casos onde eles são inferidos a partir de exemplos e através de procedimentos de

desagregação que utilizam algoritmos e programação matemática, a chamada classificação *case-based*.

Por fim, discutiu-se o recentemente proposto método ELECTRE TRI-C, e suas variantes ELECTRE TRI-NC e ELECTRE TRI-rC que tem sido utilizado em muitas das recentes aplicações para a problemática *sorting* onde se optou por um método de prevalência.

Parte II - A Proposta: o modelo VICA

Um modelo VICA para o ELECTRE TRI

São poucos os trabalhos encontrados na literatura que tratam o problema da classificação multicritério, especificamente, no contexto da decisão em grupo e fazendo uso de um método *outranking*, como é o caso deste trabalho.

Dentre outros estudos que se dedicam a esse tipo de problema, destaca-se Melo (2005), onde os decisores têm diferentes preferências explícitas que são consideradas e tratadas dentro de um protótipo desenvolvido para apoiar o grupo, o TriGdist.

Também voltados para o problema, podemos destacar os trabalhos de Dias e Clímaco (2000a) e Damart *et al.* (2007), que abordam a questão sob as perspectivas da informação imprecisa, análise de robustez, inferência de parâmetros e método da agregação/desagregação, ou seja, buscam-se soluções que possam abarcar intervalos onde estão contidas as diferentes preferências consideradas.

O modelo VICA-ELECTRE TRI que se apresenta apoia a obtenção de resultados individuais através de parâmetros, alguns dos quais partilhados e outros estabelecidos por preferência pessoal. Partindo desses resultados individuais, ele concentra esforços em oferecer ferramentas para a visualização de resultados e suas comparações. O que o diferencia de outras propostas é o fato de procurar oferecer suporte para que o grupo busque ou construa as condições para uma solução de consenso, orientando as modificações de parâmetros e/ou revisões de preferências em diferentes modos possíveis de interação entre os membros do grupo.

Desenvolvido em folha de cálculo, faz uso dos recursos disponíveis para desenvolver análises do tipo *What if* (interações diretas, tabelas, cenários) e análises do tipo *How to* que orientam as alterações, cujos resultados podem ser vistos imediatamente.

A seguir apresenta-se como o modelo é estruturado, os tipos de entradas requeridas, sua lógica operativa e os resultados que podem ser obtidos. Também se discutem processos de uso da ferramenta, com descrição dos procedimentos a serem seguidos.

4.1 Estruturação do modelo: critérios, alternativas, classes e seus perfis

A concepção do modelo assume que o grupo estabelece critérios comuns, a partir dos quais, as alternativas, também comuns, possam ser avaliadas, comparadas e por fim classificadas. No entanto é preciso destacar a importância dessa etapa do processo. Ela pressupõe a definição de um conjunto de objetivos ou pontos de vista fundamentais, ver Bana e Costa *et al.* (1999); Keeny e Raiffa (1976), que além de refletir os valores do grupo, precisam ser operacionalizáveis, em termos de disponibilidade de informações e medidas a maximizar ou minimizar (sejam elas em escalas quantitativas ou qualitativas). Além disso, Roy e Bouyssou (1993) destacam como requisitos para uma família coerente de critérios, a inclusão de todos os aspectos relevantes, não redundantes e consistentes para uma avaliação.

O ELECTRE TRI também requer um conjunto de classes $K = \{K_k, K_{k-1}, K_{k-2}, \dots, K_1\}$ predefinidas, ordenadas da melhor para a pior, e com $(k-1)$ limites b_h estabelecidos entre elas. O número de classes e o significado atribuído a cada uma delas dependerá das especificidades do problema em estudo e do tratamento que o grupo pretende dar à solução obtida. Neste trabalho, assume-se que o grupo define classes e perfis b_h , ou mais propriamente dito, os desempenhos dessas alternativas de referência, $g_j(b_h)$, de maneira partilhada.

É preciso lembrar que, segundo Yu (1992), os perfis precisam ser coerentes de tal forma que, as ações de referência das categorias mais elevadas devem ter desempenhos melhores do que os das categorias inferiores, em todos os critérios. Formalmente, segundo Dias (2005: 142), “a condição de coerência dos perfis–limite do ELECTRE TRI pode ser dada por: $\Delta_j(b_{h-1}, b_{h-2}) \geq p_j(b_{h-1}) + p_j(b_{h-2})$ ”.

4.2 Parâmetros partilhados e individuais e os cálculos do modelo

Definidos critérios, classes e ações de referência, o ELECTRE TRI requer que sejam estabelecidos os valores q_j , p_j e v_j que caracterizam o pseudo-critério adotado pelo método. Esses limiares possibilitam a transição gradual da credibilidade ($\in [0,1]$) associada à relação $a_i S b_h$, que seria igual a 0 ou 1 no caso do verdadeiro-critério.

O grupo precisa estabelecer os limiares por critério ou ação de referência, tendo em conta a relação para coerência: $q_j(b_h) \leq p_j(b_h) \leq v_j(b_h)$. Quando $\Delta_j(a_i, b_h) \geq 0$, então temos $c_j(a_i, b_h) = 1$ e $D_j(a_i, b_h) = 0$. Quando $\Delta_j(a_i, b_h) < 0$ é que se verifica o impacto dos valores dos limiares sobre os índices de credibilidade. Isso significa que os limiares qualificam desempenhos inferiores, criando a possibilidade de relações de prevalência alternativas (indiferença, preferência fraca e incomparabilidade). É importante entender, portanto, que modificar os valores desses limiares pode ser interpretado como uma forma de ser mais ou menos tolerante com desempenhos de a_i que não alcançam os patamares de b_h .

A análise de sensibilidade para variações de todos os parâmetros do modelo é relativamente simples em folha de cálculo. Neste trabalho, assim como o limiar de corte λ , os parâmetros q_j , p_j e v_j assumem valores partilhados pelo grupo. Entretanto, eles podem ser alterados no decorrer do processo, tendo à vista os resultados modificados.

Quanto aos parâmetros que refletem a importância relativa dos critérios (w_j), eles são considerados funções das preferências individuais e podem ser eliciados de diversas formas, inclusive através da consulta direta, conforme mencionado no capítulo anterior. Rogers *et al.* (2000) destacam dentre os mais conhecidos procedimentos para obtenção dos pesos para uso nos métodos ELECTRE: o sistema direto de pesos (Hokkanen e Salminen, 1994); o sistema de Mosseau (1993); e a técnica dos cartões Simos (Figueira e Roy, 2002).

O estudo de Simos (1990) *apud* Rogers *et al.* (2000: 100) examinou várias técnicas e verificou que todas apresentam alguma vulnerabilidade ou inconsistência. A partir disso, concluiu que o mais importante na escolha para o uso nos métodos da família ELECTRE é que ele seja um método simples e compreensível para todos. Sendo facilmente entendido, a credibilidade do método tende a ser maior.

No modelo, a introdução das fórmulas do método ELECTRE TRI em folha de cálculo é feita através do uso de matrizes estruturadas, conforme o modelo apresentado na figura 11. Essa estrutura facilita os cálculos de: $\Delta_j(a_i, b_h)$; $c_j(a_i, b_h)$; $C(a_i, b_h)$; $D_j(a_i, b_h)$; e $\sigma(a_i, b_h)$, bem como o uso de recursos visuais, a comparação de resultados e a busca de uma solução coletiva.

Figura 11 - Matriz para comparações (a_i, b_h) por critério

		g_j			
		b_{K-1}	b_{K-2}	...	b_1
a_1					
a_2					
\vdots					
a_n					
q					
p					
v					
w					

4.3 Resultados e suas representações

No VICA-ELECTRE TRI a avaliação de cada indivíduo pode ser representada pela sua matriz de índices de credibilidade, neste trabalho denominada matriz de credibilidades do indivíduo d , $\sigma^d(a_i, b_h)$, ou simplesmente denominada resultado de DM_d , $d = 1, 2, \dots, M$.

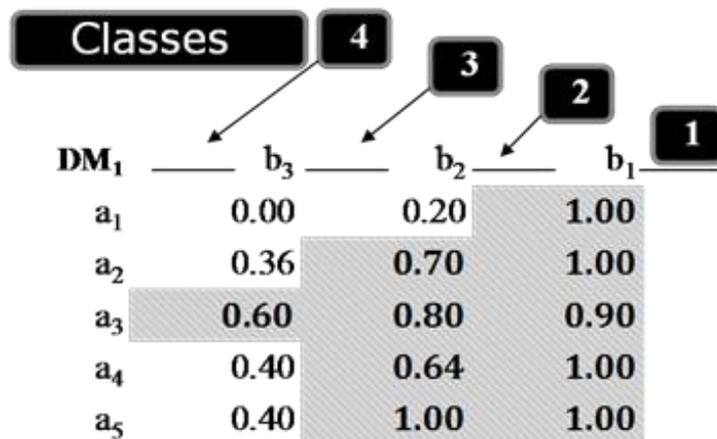
Aplicando a ideia de utilizar recursos visuais para comunicar resultados, os elementos da matriz de credibilidade, cujos valores são iguais ou superiores ao limiar de corte e que implicam a relação de prevalência $a_i S b_h$, são identificados através de números e cores/padrões associados ao indivíduo que os origina. Dessa maneira, cada membro do grupo passa a ter uma avaliação, um resultado (DM_d) representado por uma configuração que o caracteriza e que pode assumir diferentes formas (contornos) à medida que são revistas e alteradas as suas preferências.

Na figura 12 apresenta-se o display que aponta a classificação resultante das preferências estabelecidas por um decisor fictício (DM_1). Os seus coeficientes de importância w_j incidem sobre as avaliações de desempenho (a_i versus b_h) em cada um dos critérios j , gerando índices de concordância geral, discordância e credibilidade para $a_i S b_h$ segundo o indivíduo 1. Esses índices de credibilidade individualizados e o limiar de corte estabelecido pelo grupo, determinam as alocações das alternativas nas classes predefinidas, segundo as preferências desse indivíduo.

No modelo, optou-se por utilizar o procedimento pessimista do ELECTRE TRI, assim a alternativa a_i é comparada sucessivamente com os perfis b_h (da melhor referência para a pior). Seguindo essa sequência, a primeira comparação que resulta $a_i S b_h$ (índice de credibilidade para a afirmação maior ou igual ao limiar de corte) define a alocação da alternativa na classe ($h+1$). Se após as sucessivas comparações esse resultado não é encontrado, ou seja, **não** $a_i S b_1$, então a alternativa a_i é alocada na pior classe (classe 1, cujo limite superior é b_1).

Um exemplo de resultado (DM_1), onde $\lambda = 0.6$, pode ser facilmente visualizado através de um *display*, como o apresentado na figura 12. Nele se pode ver que a_1 é alocada na classe 2, a_2 , a_4 e a_5 são alocadas na classe 3, enquanto a_3 é alocada na classe 4.

Figura 12 - Exemplo de interpretação de um resultado (DM_1)



Os resultados das alocações de a_i na classe K_h segundo o DM_d ($a_i \xrightarrow{d} K_h$) também são representados no modelo proposto sob a forma de uma matriz coluna $X^d = [x_i^d]$. A

obtenção de X^d seguindo o procedimento pessimista do ELECTRE TRI, requer, como passo inicial, a construção de uma matriz $(n.k)$, $R^d = [r_{ih}^d]$.

$$r_{i1}^d = 1; r_{i(h+1)}^d = \begin{cases} 1 & \text{se } a_i S b_h \Leftrightarrow \sigma^d(a_i, b_h) \geq \lambda \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}; h = 1, \dots, k-1; e$$

$$x_i^d = \sum_{h=1}^k r_{ih}^d$$

A matriz $(n.k)$, $R^d = [r_{ih}^d]$, onde n é o número de alternativas e k o número de classes, é estruturada conforme se apresenta na figura 13:

Figura 13 - Matriz R^d

	k	$k-1$...	1
a_1				
a_2				
\vdots				
a_n				

Os elementos da matriz R_d são definidos, conforme segue:

$$r_{ij}^d = \begin{cases} 1 & \text{se } a_i S b_{j-1} \Leftrightarrow \sigma^d(a_i, b_{j-1}) \geq \lambda \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Então é possível obter os elementos do vetor X_d :

$$x_i^d = \max(r_{ij}^d; j = k, k-1, k-2, \dots, 1)$$

A apresentação de resultados em forma de matriz-coluna permite o uso dos recursos para ordenação e filtragem disponíveis em folhas de cálculo, facilitando a

obtenção de resultados numéricos por categoria ou por alternativa, segundo cada um dos DMs, de maneira organizada e imediata.

Quanto à representação visual, ela possibilita fazer comparações dois a dois entre resultados, com visualização imediata de suas modificações. Isso é feito através das comparações um a um entre os elementos das matrizes $\sigma^d(a_i, b_h)$, que constituem os resultados (DM_d), combinadas ao uso de recursos para a formatação condicional disponíveis nas folhas de cálculo.

As comparações de resultados podem apresentar dois tipos de acordo e dois tipos de divergência. No acordo do **tipo 1**, ambos os resultados apresentam índices de credibilidade igual ou superior ao limiar de corte, logo $a_i S b_h$. O acordo do **tipo 2** implica que para ambos $\sigma^d(a_i, b_h) < \lambda$, logo $\neg a_i S b_h$. As divergências são do **tipo 1** quando para o primeiro indivíduo $a_i S b_h$ e para o segundo $\neg a_i S b_h$, e são do **tipo 2** quando para o primeiro indivíduo $\neg a_i S b_h$ e para o segundo $a_i S b_h$.

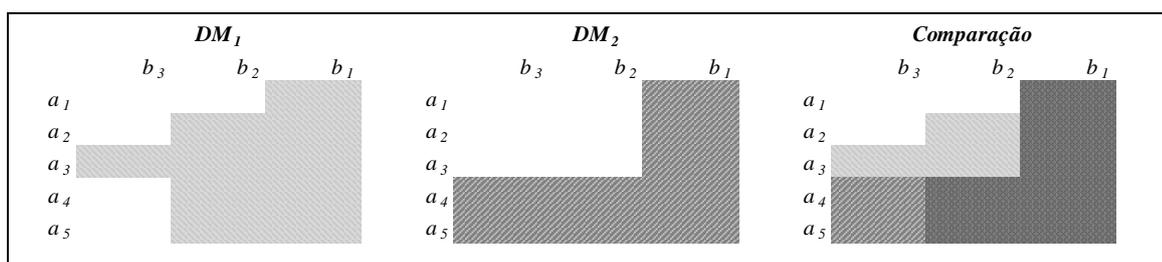
O *display* de comparação do modelo VICA-ELECTRE TRI utiliza os tipos de acordo e divergência para destacar as diferenças e semelhanças entre os resultados. Ele é construído através de uma matriz de comparação cujos elementos associam cores/padrões e números aos tipos de acordo e/ou divergências existentes entre os elementos das matrizes de resultado que estão sendo comparadas.

A divergência do **tipo 1** é sinalizada com cor/padrão e número associados ao primeiro indivíduo (aquele para o qual $a_i S b_h$). A divergência do **tipo 2** é sinalizada com cor/padrão e número associados ao segundo indivíduo (aquele para o qual $a_i S b_h$). Quando há acordo do **tipo 1**, então a matriz de comparação é sinalizada com cor/padrão e número que, de alguma forma, combinam (somam) as caracterizações associadas a cada um dos indivíduos. Se o acordo é do **tipo 2**, a matriz de comparação é sinalizada sem preenchimento.

A figura 14 apresenta o *display* para um exemplo de comparação dos resultados de dois decisores, DM₁ e DM₂. Analisando apenas a matriz **Comparação** já se pode fazer uma leitura da posição atual dos indivíduos no processo. Verifica-se no exemplo que ambos os resultados alocam a_1 na classe 2. Embora concordem que a_2 está **pelo menos** na classe 2, já que nos dois resultados a_2 é pelo menos tão boa quanto b_1 , o DM₁ aloca a_2 na classe 3 (a_2 é também pelo menos tão boa quanto b_2) enquanto o DM₂ aloca-a exatamente

na classe 2. Quanto à alternativa a_3 , pode-se dizer que a divergência é maior: ambos concordam que a_3 está pelo menos na classe 2, mas o DM_1 aloca-a duas classes acima, ou seja na classe 4, enquanto o DM_2 aloca a_3 na classe 2. Ambos os resultados alocam a_4 e a_5 pelo menos na classe 3, no entanto o resultado DM_2 aloca-as na classe 4 e o DM_1 na classe 3.

Figura 14 - *Display* para visualização da comparação entre dois resultados individuais



A comparação de resultados apresentada pode também servir como instrumento para análise de sensibilidade com visualização instantânea das alterações. Para isso basta que sejam comparados os resultados DM_d e DM_d' , onde DM_d' trata-se do resultado DM_d modificado mediante alteração de algum dos parâmetros sob análise. A comparação pode ainda ser feita entre um resultado individual e um resultado agregado do grupo.

4.4 Em busca de UMA solução para o grupo: o consenso

O problema da agregação de preferências é central no apoio multicritério à decisão, conforme apontado por Roy (2005). No entanto, a necessidade de agregar preferências ocorre em diferentes disciplinas: na Teoria da Decisão, onde se procura tomar uma decisão baseada em vários critérios; na Economia do bem-estar, onde se busca por resultados econômicos estáveis e socialmente aceitáveis; e em sistemas de votação, que são mecanismos para se fazer uma escolha social a partir das preferências de eleitores ou votantes.

Na Teoria da Escolha Social e mais precisamente na Teoria da Votação, a sociedade precisa escolher um candidato dentre um conjunto de candidatos. Segundo

Bouyssou *et al.* (2006), esse problema apresenta significativa semelhança com o problema do apoio multicritério à decisão. Em MCDA, os decisores podem assumir um papel similar ao da sociedade, os critérios o papel dos votantes, enquanto as alternativas podem atuar como os candidatos.

Inspirados na Teoria da Escolha Social, podemos iniciar a nossa busca por uma representação da posição do grupo, pelo método da votação. Nesse caso, cada resultado individual, obtido pelo método ELECTRE TRI, é representado por sua respectiva matriz de credibilidade e atua como “um eleitor”. O eleitor vota **sim ou não** para as alocações das alternativas em cada uma das categorias possíveis. O consenso quanto à alocação das alternativas seria então estabelecido pela vontade de uma maioria, ou seja, se uma alocação recebe votação de uma maioria expressiva, ela define a alocação do grupo.

Neste trabalho, denominamos por G-consenso o resultado obtido através de uma coligação significativa de membros, constituída por uma maioria G representativa do grupo, capaz de definir uma alocação para cada uma das alternativas em uma das classes.

Sendo M membros do grupo e $G \in \mathbb{N}$: $M/2 < G \leq M$ a maioria estabelecida pelo grupo para o G-consenso, então temos:

$$v^d(a_i, b_h) = \begin{cases} 1 & \text{se } \sigma^d(a_i, b_h) \geq \lambda \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$V(a_i, b_h) = \sum_{d=1}^M v^d(a_i, b_h)$$

Logo:

$V(a_i, b_h) \geq G \Rightarrow$	G-consenso para $a_i S b_h$
$V(a_i, b_h) \leq M - G \Rightarrow$	G-consenso para $\neg a_i S b_h$
$M - G < V(a_i, b_h) < G \Rightarrow$ para	Divergência (inexistência de consenso) para $a_i S b_h$ e $\neg a_i S b_h$

Existe G-consenso para a alocação de uma alternativa quando não existe divergência, ou seja, se: $V(a_i, b_h) \geq G$ ou $V(a_i, b_h) \leq M - G$, $\forall b_h \in B = \{b_1, b_2, \dots, b_{k-1}\}$. Existe **G-consenso** para uma solução de grupo se existir **G-consenso** $\forall a_i \in A$.

Os resultados das alocações de a_i na classe K_h segundo o grupo $(a_i \xrightarrow{G} K_h)$, podem ser visualizados através da matriz dos valores $V(a_i, b_h)$, sinalizando com formatações distintas as comparações que resultam $a_i S b_h$, e as que resultam $\neg a_i S b_h$.

Assim como é feito para os resultados individuais, também é possível apresentar os resultados do grupo sob a forma de uma matriz coluna cujos elementos são os números da classe associada a cada alternativa a_i , quando existe G-consenso para a alternativa a_i . No entanto, sem G-consenso a alocação final é indefinida $(a_i \xrightarrow{G} ?)$.

4.4.1 Alterando parâmetros

Segundo Arrow e Raynaud (1986: 2) “o método ELECTRE tem boa aceitação junto aos decisores”, isso lhes permitiu estabelecer três conclusões acerca das qualidades do ELECTRE, “que todos os métodos efetivos deveriam possuir”. A primeira delas é que os decisores apreciam o modo como ele estende para um grande número de critérios e alternativas uma técnica concebida para pequenos conjuntos de dados. A segunda é que os DMs gostam do fato de poder compreender os princípios do método. Por fim, a flexibilidade do ELECTRE, suportada por um conjunto abrangente de parâmetros, permite que os DMs exerçam o seu poder com responsabilidade.

O ELECTRE TRI em folhas de cálculo permite grande flexibilidade para análise de sensibilidade dos resultados em face às alterações de seus múltiplos parâmetros, com visualização imediata dos impactos.

A figura 15 apresenta um exemplo para o caso em que $M = 8$ e $G \in \mathbb{N}: 5 < G \leq 8$. Para cada um dos possíveis resultados de $V(a_i, b_h)$, a matriz aponta a existência de G-consenso para $(a_i S b_h)$ ou para $(\neg a_i S b_h)$.

Para o caso do valor M ser ímpar, $G = 0.5 (M + 0.5)$ implica a obtenção imediata de consenso, mas também à medida que G se aproxima de M , aumentam as possibilidades de divergência, que não são trivialmente resolvidas.

Figura 15 - Resultados $V(a_i, b_h)$ possíveis para $a_i S b_h$:

		$V(a_i, b_h)$								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
G	5	0	1	2	3	?	5	6	7	8
	6	0	1	2	?	?	?	6	7	8
	7	0	1	?	?	?	?	?	7	8
	8	0	?	?	?	?	?	?	?	8

	$a_i S b_h$
0	$\neg a_i S b_h$
?	Indefinição

Interessa-nos entender os fatores capazes de gerar consenso ou divergência para uma solução de grupo, para isso, é preciso analisar as suas origens. A divergência pode ser proveniente de qualquer uma das comparações entre os índices de credibilidade $\sigma^d(a_i, b_h)$, $d = 1, 2, \dots, M$ e $h = 1, 2, \dots, k-1$, impossibilitando o G-consenso para a alternativa a_i . Portanto, devemos iniciar a análise pelos fatores que influenciam o consenso nestas comparações.

Considere-se o caso em que apenas existem dois indivíduos: DM_1 e DM_2 , cujos índices de credibilidade são respectivamente $\sigma^1(a_i, b_h) = x$ e $\sigma^2(a_i, b_h) = y$, para simplificar a notação, e onde a variável binária χ indica a existência de consenso ($\chi = 1$) ou não ($\chi = 0$) em função dos valores de x , y e λ . Haverá consenso entre os índices de credibilidade de DM_1 e DM_2 , $\chi^{1,2}(a_i, b_h) = 1$, se $V(a_i, b_h) = 2$ ou $V(a_i, b_h) = 0$.

$$\text{Se } (x \geq \lambda \text{ e } y \geq \lambda) \Leftrightarrow (x - \lambda \geq 0 \text{ e } y - \lambda \geq 0) \Rightarrow V(a_i, b_h) = 2 \text{ e } \chi = 1$$

$$\text{Ou se } (x < \lambda \text{ e } y < \lambda) \Leftrightarrow (x - \lambda < 0 \text{ e } y - \lambda < 0) \Rightarrow V(a_i, b_h) = 0 \text{ e } \chi = 1$$

$$\text{Caso contrário, } V(a_i, b_h) = 1 \text{ e } \chi = 0$$

$$\text{Ou seja, } ((x - \lambda) \cdot (y - \lambda) \geq 0) \Leftrightarrow \chi = 1$$

O consenso depende não somente da proximidade dos índices de credibilidade, mas também do limiar de corte. Para λ partilhado pelos DMs e fixo, pode-se analisar como se comporta a variável χ , diante de combinações discretas das variáveis $\sigma^o(a_i, b_h) = x$ e $\sigma^p(a_i, b_h) = y$. A figura 16 apresenta um gráfico, onde as áreas sombreadas destacam as coordenadas (x,y) para as quais $\chi = 1$.

Note-se que cada elemento da matriz desta figura 16 se refere a resultados possíveis e mutuamente exclusivos. Uma alternativa requer $k-1$ comparações com os perfis, cada uma das quais poderá estar ou não dentro de algum ponto da “área de consenso”, que por sua vez pode ter a forma modificada em função do limiar de corte estabelecido. Se $\lambda = 0.8$, por exemplo, a área sombreada superior da figura recua uma coluna e uma linha, enquanto a inferior avança uma coluna e uma linha, o que faz aumentar a área total de consenso assimetricamente.

Figura 16 - Relações entre χ , x , y e λ

$\sigma^p(a,b)$	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	0,9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	0,7	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	0,6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	0,4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	0,3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	0,2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	0,1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
			0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	λ								$\sigma^o(a,b)$			

4.4.2 Revendo coeficientes de importância relativa dos critérios

Vamos analisar agora como χ se relaciona com a diferença entre os índices de credibilidade dos DMs. Estes índices são iguais a $C(a_i, b_h)$ se considerarmos q_j e p_j

partilhados e se os v_j estiverem inativos (não existem ou são suficientemente grandes relativamente aos desempenhos das alternativas). Então, para a análise, podemos considerar a diferença entre os índices de concordância do DM_1 e do DM_2 :

$$C^{1 \rightarrow 2}(a_i, b_h) = C^1(a_i, b_h) - C^2(a_i, b_h).$$

Assumindo $\sum_{j=1}^t w_j = 1$:

$$C^{1 \rightarrow 2}(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^t w_j^1 c_j(a_i, b_h) - \sum_{j=1}^t w_j^2 c_j(a_i, b_h)$$

$$C^{1 \rightarrow 2}(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^t w_j^1 c_j(a_i, b_h) - \sum_{j=1}^t w_j^2 c_j(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^t (w_j^1 - w_j^2) c_j(a_i, b_h)$$

e da mesma forma

$$C^{2 \rightarrow 1}(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^t (w_j^2 - w_j^1) c_j(a_i, b_h).$$

Pode-se observar que, se o efeito do veto é ignorado, a avaliação partilhada das alternativas e dos perfis faz com que a diferença entre os índices $\sigma(a_i, b_h)$ seja uma função direta das diferenças entre os coeficientes de importância relativa dos critérios.

Se tivermos em consideração v_j (ativos e definidos pelo grupo), assim como os demais limiares, então podemos analisar a diferença entre os índices $\sigma^d(a_i, b_h)$ dos DM_1 e DM_2 , já agora sob efeito veto (E):

$$\sigma^{1 \rightarrow 2}(a_i, b_h) = \left[\sum_{j=1}^t w_j^1 c_j(a_i, b_h) \right] E^1 - \left[\sum_{j=1}^t w_j^2 c_j(a_i, b_h) \right] E^2$$

$$\sigma^{1 \rightarrow 2}(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^t E^1 w_j^1 c_j(a_i, b_h) - \sum_{j=1}^t E^2 w_j^2 c_j(a_i, b_h) = \sum_{j=1}^t (E^1 w_j^1 - E^2 w_j^2) c_j(a_i, b_h)$$

Onde $E^d = \prod_j e_j^d$, e:

$$e_j^d = \begin{cases} 1 & \text{se } D_j(a_i, b_h) \leq C^d(a_i, b_h) \\ \frac{1 - D_j(a_i, b_h)}{1 - C^d(a_i, b_h)} & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Tendo os v_j partilhados, assim como acontece com os $c_j(a_i, b_h)$, os índices $D_j(a_i, b_h)$ serão iguais para ambos os DMs e a diferença entre os índices $\sigma^d(a_i, b_h)$ dos DM₁ e DM₂ será função das diferenças entre os seus índices $C(a_i, b_h)$, que é, por sua vez, função das diferenças entre os coeficientes de importância relativa dos critérios. Sem perda de generalidade, consideremos o primeiro da soma em $\sigma^{1 \rightarrow 2}(a_i, b_h)$:

$$\begin{aligned} (E^1 w_1^1 - E^2 w_1^2) &= w_1^1 \prod_{j=1}^t e_j^1 - w_1^2 \prod_{j=1}^t e_j^2 \\ &= w_1^1 \prod_{j \in \bar{F}^1} \frac{1 - D_j(a_i, b_h)}{1 - C^1(a_i, b_h)} - w_1^2 \prod_{j \in \bar{F}^2} \frac{1 - D_j(a_i, b_h)}{1 - C^2(a_i, b_h)} \end{aligned}$$

Onde:

$$\bar{F}^d = \left\{ j: D_j(a_i, b_h) > \sum_{r=1}^t w_r^d c_r(a_i, b_h) \right\}$$

A intersecção dos conjunto \bar{F}^1 e \bar{F}^2 é igual a:

$$\bar{F}^1 \cap \bar{F}^2 = \left\{ j: D_j(a_i, b_h) > \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h) \wedge D_j(a_i, b_h) > \sum_{r=1}^t w_r^2 c_r(a_i, b_h) \right\}$$

A diferença entre os conjunto \bar{F}^1 e \bar{F}^2 e entre os conjuntos \bar{F}^2 e \bar{F}^1 depende diretamente da diferença entre a importância relativa dos critérios de ambos DMs:

$$\begin{aligned} \bar{F}^1 - \bar{F}^2 &= \left\{ j: \sum_{r=1}^t w_r^2 c_r(a_i, b_h) \geq D_j(a_i, b_h) > \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h) \right\} \\ \bar{F}^2 - \bar{F}^1 &= \left\{ j: \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h) \geq D_j(a_i, b_h) > \sum_{r=1}^t w_r^2 c_r(a_i, b_h) \right\} \end{aligned}$$

Reescrevendo a equação anterior em termos desses conjuntos e considerando $\sum_{r=1}^t w_r^2 c_r(a_i, b_h) \geq \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h)$, o que implica $\bar{F}^2 - \bar{F}^1 = \emptyset$ e $\bar{F}^1 \cap \bar{F}^2 = \bar{F}^2$ (mas é possível que $\bar{F}^1 - \bar{F}^2 \neq \emptyset$), então obtém-se:

$$(E^1 w_1^1 - E^2 w_1^2) = \prod_{j \in \bar{F}^2} [1 - D_j(a_i, b_h)] \left[w_1^1 \prod_{j \in \bar{F}^2} \left(\frac{1}{1 - \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h)} \right) \prod_{j \in \bar{F}^1 - \bar{F}^2} \left(\frac{1 - D_j(a_i, b_h)}{1 - \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h)} \right) - w_1^2 \prod_{j \in \bar{F}^2} \frac{1}{1 - \sum_{r=1}^t w_r^2 c_r(a_i, b_h)} \right]$$

Assumimos agora que através do processo de concessões, w^1 tenha se modificado no sentido de estar mais perto de w^2 . Nesse caso, se pode ver a partir das definições que alguns índices de critérios que pertencem ao conjunto \bar{F}^1 e não pertencem ao conjunto \bar{F}^2 deixarão o conjunto \bar{F}^1 .

Se $\sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h) \geq \sum_{r=1}^t w_r^2 c_r(a_i, b_h)$ então

$\bar{F}^1 - \bar{F}^2 = \emptyset$, $\bar{F}^1 \cap \bar{F}^2 = \bar{F}^1$ e é possível que $\bar{F}^2 - \bar{F}^1 \neq \emptyset$.

Isto é:

$$(E^1 w_1^1 - E^2 w_1^2) = \prod_{j \in \bar{F}^1} [1 - D_j(a_i, b_h)] \left[w_1^1 \prod_{j \in \bar{F}^1} \left(\frac{1}{1 - \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h)} \right) - w_1^2 \prod_{j \in \bar{F}^1} \frac{1}{1 - \sum_{r=1}^t w_r^2 c_r(a_i, b_h)} \prod_{j \in \bar{F}^2 - \bar{F}^1} \left(\frac{1 - D_j(a_i, b_h)}{1 - \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h)} \right) \right]$$

Se através do processo de concessão, w^1 se modifica para chegar mais perto de w^2 , alguns índices de critérios que pertencem ao conjunto \bar{F}^2 e não pertencem ao conjunto \bar{F}^1 juntar-se-ão ao conjunto \bar{F}^1 , isso acontece à medida que que o vetor w^1 se chega mais perto de w^2 (mantendo inalterados todos os demais parâmetros).

Durante o processo de concessões, como mostrado, \bar{F}^1 tende a convergir para \bar{F}^2 . Se no processo, concessões da importância relativa dos critérios foram já realizadas por ambos os DMs e estão próximas o suficiente para $\bar{F}^1 = \bar{F}^2$, temos:

$$(E^1 w_1^1 - E^2 w_1^2) \\ = \prod_{j \in \bar{F}^2} [1 - D_j(a_i, b_h)] \left[w_1^1 \prod_{j \in \bar{F}^2} \frac{1}{1 - \sum_{r=1}^t w_r^1 c_r(a_i, b_h)} \right. \\ \left. - w_1^2 \prod_{j \in \bar{F}^2} \frac{1}{1 - \sum_{r=1}^t w_r^2 c_r(a_i, b_h)} \right]$$

A diferença acima é uma função monótona crescente com a diferença entre os parâmetros de importância relativa dos critérios, portanto é possível alcançar consenso aproximando esses parâmetros. É importante notar que, para o consenso entre os DMs, as modificações não precisam fazer com que seus índices de credibilidade sejam iguais. Elas apenas precisam ser suficientes para que:

$$[\sigma^1(a_i, b_h) - \lambda] \cdot [\sigma^2(a_i, b_h) - \lambda] \geq 0.$$

Entretanto, se os limiares de veto forem diferentes entre os DMs, a diferença entre os seus índices $\sigma^d(a_i, b_h)$ não será apenas função das diferenças entre suas concordâncias $C(a_i, b_h)$ (e consequentemente das diferenças entre os w_j). Ela será também função das diferenças entre as discordâncias parciais $D_j(a_i, b_h)$, que são, por sua vez, função das diferenças entre os v_j (mantidos os demais limiares partilhados). Nesse caso, a obtenção de consenso simplesmente aproximando os parâmetros de importância relativa dos critérios não tem resultado garantido.

Logo, sem efeito veto ou com os v_j partilhados, reduzir as diferenças entre os parâmetros de importância relativa dos critérios é seguramente um caminho para aproximar os valores dos índices de credibilidade e facilitar a obtenção de consenso. No

modelo isso pode ser feito par a par e de maneira direcionada, onde o indivíduo o busca aproximar-se de p e vice-versa, através de concessões. Note-se que o limiar de corte e os outros parâmetros são partilhados e mantidos fixos no processo. Para diferentes limiares de corte, a modificação necessária da importância relativa dos critérios para alcançar o consenso pode ser diferente.

Seja $W^d = [w_j^d]$ o vetor de coeficientes de importância dos critérios j , segundo o indivíduo d , então as revisões das preferências podem ser feitas sob forma de concessões $\alpha_{o \rightarrow p}$ entre os indivíduos:

$$W^{o \rightarrow p} = W^o - \alpha_{o \rightarrow p}(W^o - W^p)$$

$$W^{p \rightarrow o} = W^p - \alpha_{p \rightarrow o}(W^p - W^o)$$

A concessão $\alpha_{o \rightarrow p}$ significa o quanto da diferença entre os vetores de peso o indivíduo o está disposto a eliminar através da modificação de suas preferências em direção às preferências originais do indivíduo p . De modo que, se o indivíduo o faz uma concessão $\alpha_{o \rightarrow p} = 0.50$ (50%) e o indivíduo p faz o mesmo, $\alpha_{p \rightarrow o} = 0.50$, as modificações resultam $W^o = W^p$. Metaforicamente, existe uma distância entre os DMs e o consenso pode ser obtido à medida que um e/ou o outro caminham no sentido de encurtar esta distância. Devido às características do método ELECTRE TRI, é possível que um pequeno passo seja suficiente para uma classificação de consenso para o conjunto de alternativas.

4.4.3 Busca ou construção de consenso

As ferramentas para testes de hipóteses disponíveis no Excel (*What-if analysis*) permitem a construção de uma infinidade de cenários a partir da variação dos parâmetros individualizados ou partilhados. O impacto de alguns desses cenários nos resultados individuais ou do grupo possibilitam a obtenção de conclusões capazes de apoiar a construção de uma solução coletiva.

Através da ferramenta “tabela de dados”, pode-se investigar, por exemplo, os resultados para a função: número de alternativas em G-consenso para combinações de valores atribuídos a G e λ . Também é possível criar “cenários” para valores alternativos

dos parâmetros e verificar em cada um deles, diferentes resultados associados, por exemplo: as classificações individuais, as classificações e as divergências para o grupo, o número de alternativas por classe segundo o grupo, dentre muitas outras que poderíamos citar.

Assim, os testes de hipóteses, para além de identificar quais as combinações de G e λ que geram G-consenso, permitem levantar, para cada uma dessas combinações, as alocações das alternativas em G-consenso segundo o grupo ($a_i \xrightarrow{G} K_h$), bem como as divergências ($a_i \xrightarrow{G} ?$). Da mesma forma, é possível realizar análises para outros parâmetros (v_j, p_j e q_j), de maneira isolada ou combinada.

Usando a tabela de dados do Excel, também se pode obter e visualizar as combinações de concessões α entre dois indivíduos que resultam em G-consenso, tanto para apenas uma alternativa, como para todo o conjunto A . Nesse caso, também identifica-se com grande precisão as concessões mínimas requeridas para $\chi = 1$, as quais podem ser do tipo: bilaterais ($\alpha_{o \rightarrow p}, \alpha_{p \rightarrow o}$); unilateral baseada no DM_o ($0, \alpha_{p \rightarrow o}$); ou unilateral baseada no DM_p ($\alpha_{o \rightarrow p}, 0$).

As informações obtidas a partir da análise de hipóteses servem para apoiar o grupo em diferentes tipos de interação. Uma das possibilidades considera que os DMs, além dos pesos iniciais, estabelecem limites sob a forma de intervalos $[\underline{w}_j^d, \overline{w}_j^d]$, dentro dos quais eles podem variar. O Solver do Excel permite obter as concessões $\alpha_{o \rightarrow p}$ máximas de cada DM para o outro DM, considerando as restrições impostas pelos intervalos, conforme segue:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar} \quad & \alpha_{o \rightarrow p} \\ \text{Sujeito a:} \quad & (w_j^p - w_j^o)\alpha_{o \rightarrow p} \leq \overline{w}_j^o - w_j^o \\ & (w_j^p - w_j^o)\alpha_{o \rightarrow p} \geq \underline{w}_j^o - w_j^o \\ & \alpha_{o \rightarrow p} \in [0,1] \end{aligned}$$

A informação das concessões dois a dois mínimas necessárias e das máximas permitidas, quando combinadas, possibilita a exploração de diversos caminhos para modificações viáveis que conduzam o grupo ao consenso. É também possível verificar as concessões individuais necessárias para a obtenção de consenso, em torno do que denominamos resultado DM mais próximo ou central. Nesse caso, procura-se identificar o DM_d com o vetor de pesos W^d , cuja máxima distância entre os vetores W^d seja mínima, e em seguida, calculam-se as concessões mínimas requeridas, de cada DM_o para aquele DM_p cujo vetor de pesos foi o identificado. Esses cálculos podem utilizar a distância euclidiana em R^t :

$$\|W^o - W^p\| = \sqrt{(w_1^o - w_1^p)^2 + (w_2^o - w_2^p)^2 + \dots + (w_t^o - w_t^p)^2}$$

4.5 Aplicações do modelo: processos possíveis

O modelo VICA-ELECTRE TRI pode ser usado em diferentes modos de interação, considerando o contexto decisório e as preferências do grupo. A seguir apresenta-se um dos processos possíveis e seu fluxograma ilustrado na figura 17.

Após a estruturação do modelo, da obtenção dos primeiros resultados individuais com limiar de corte arbitrário e da análise de desempenho das alternativas, ainda na **fase a**, faz-se $G = M$ e define-se um conjunto L de valores atribuíveis a λ .

Na **fase b**, verifica-se através da ferramenta tabela de dados, para cada um dos valores $\lambda \in L$, a existência ou não de soluções em G-consenso por unanimidade ($G = M$), para todo o conjunto de alternativas. Caso não sejam encontradas soluções em G-consenso por unanimidade, o valor de G é reduzido para que a procura seja reprocessada.

Sendo encontradas soluções em G-consenso, avança-se para a **fase c**, onde a simples escolha de uma delas pode encerrar o processo. Caso não existam essas soluções, elas não sejam satisfatórias, ou simplesmente se deseje investigar mais soluções, então pode-se prosseguir com o processo de busca, descrito na **fase b**.

Na **fase c**, são apresentadas as concessões mínimas necessárias de cada DM para o consenso por unanimidade, em torno de cada uma das soluções encontradas. Para isso, o modelo apoia a comparação dessas soluções com cada um dos resultados individuais. Dessa forma, é verificada a existência de DMs que **não** necessitam fazer modificações para o consenso por unanimidade, e que, portanto, passam a ter **seus resultados a atuar como direcionadores** para as modificações dos demais.

Através da ferramenta “tabela de dados”, pode-se então apontar (com grande precisão) as concessões, $\alpha_{o \rightarrow p}$, mínimas dos DM_o para os DM_p cujos resultados atuam como direcionadores, de modo que o consenso por unanimidade seja alcançado.

Não se encontrando resultados direcionadores, através do processo de redução de G combinada a variação de λ , ainda se pode eleger um resultado direcionador para concessões na **fase d**, onde, desde que o grupo concorde, **procura-se pela solução DM mais próxima**.

Após sucessivas interações do grupo, principalmente aquelas destacadas em cinza na figura 17, o processo encerra-se na **fase e**, com uma solução de consenso ou sem que o grupo consiga atingir essa solução.

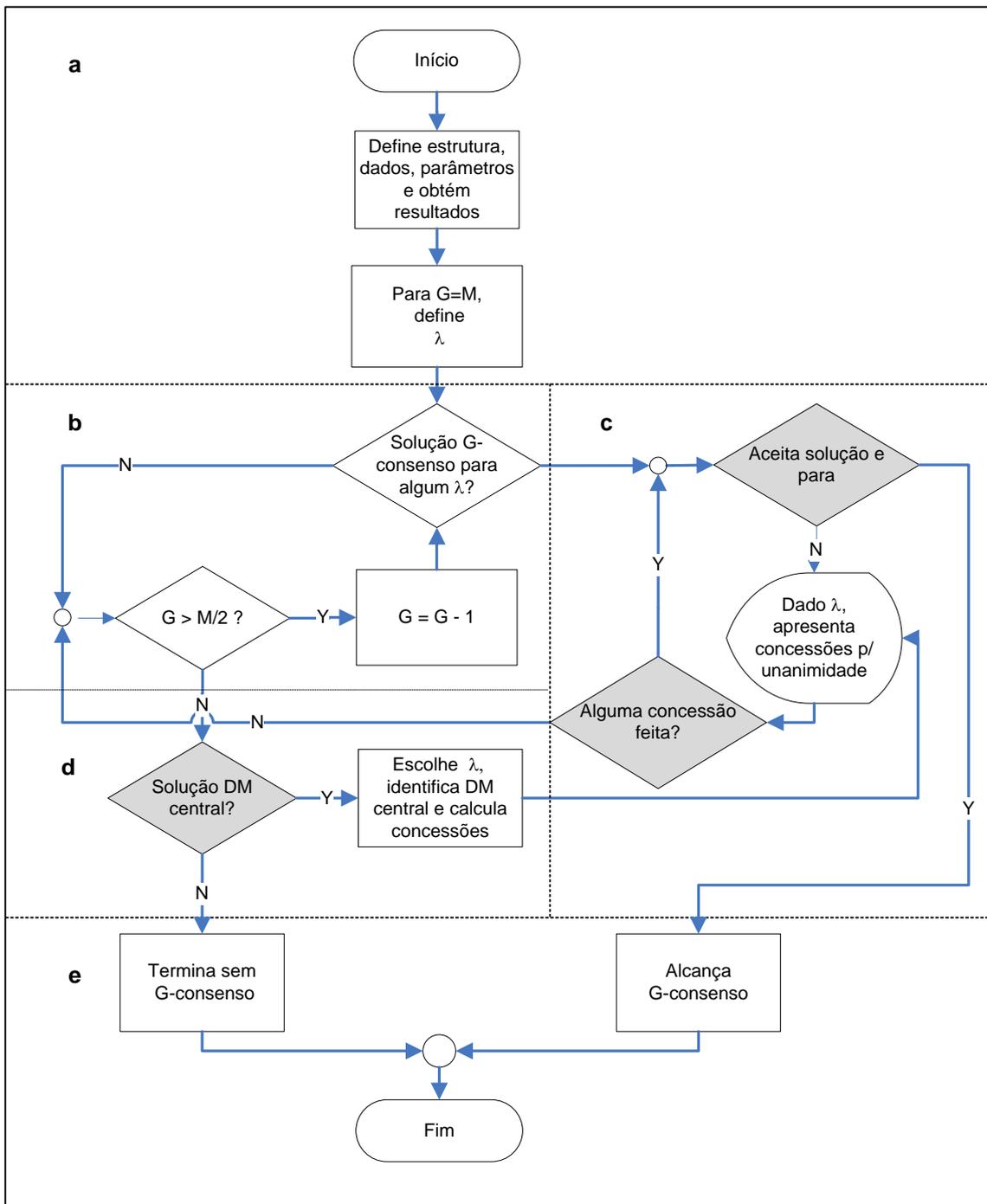
O processo apresenta a vantagem de oferecer a possibilidade de obtenção de uma solução de grupo com relativo número reduzido de interações. Por essa razão a busca de um resultado de consenso global variando G e λ pode ser um primeiro procedimento inserido em qualquer outro processo iterativo entre DMs. Em sua principal vantagem reside também uma desvantagem importante, já que o procedimento poderia ser demasiado automatizado, limitando assim a exploração do problema de maneira mais aprofundada e a utilização de todo o potencial que a ferramenta oferece. Além disso, a obtenção de consenso nesse processo pode requerer valores elevados para λ , o que implica rigor também elevado nas atribuições das classificações.

Um segundo processo possível seria o que denominamos **Vetor G**. Nesse caso a ideia é obter, a partir dos vetores individuais das preferências relativas dos DMs, um vetor de pesos W^G médio gerador de um resultado do grupo DM_G inicial.

O analista e os DMs podem verificar as concessões de DM_d para DM_G necessárias para consenso com esse resultado e as consequentes modificações em seus pesos e

alocações. A partir das concessões iniciais efetivamente realizadas pode-se verificar a possibilidade de formação de uma coligação em torno de um resultado de grupo DM_G , original ou modificado.

Figura 17 - Fluxograma do processo



O resultado de grupo DM_G pode atuar como um indivíduo, representante de uma coligação, inclusive realizando concessões para DM_d discordantes, se assim o desejarem os DMs coligados. Um exemplo seria o caso onde 3 dentre 4 DMs concordam com um resultado DM_G , mas o DM_d , embora concorde em aproximar-se de DM_G através de concessões unilaterais $\alpha_{d \rightarrow G}$, não o faria em valores suficiente para o consenso geral. O grupo pode então realizar concessões bilaterais do tipo $(\alpha_{G \rightarrow d}, \alpha_{d \rightarrow G})$ ou unilaterais baseada no DM_d $(0, \alpha_{G \rightarrow d})$. As ferramentas disponíveis no modelo permitem que se vejam as concessões mínimas necessárias, bem como as suas implicações em termos de alterações de pesos e resultados.

O processo **Vetor G** facilita a exploração e discussão do problema de maneira diferenciada no sentido do aprofundamento da análise. Os resultados individuais são, explicitamente e um a um, comparados a um resultado médio. Evidenciam-se semelhanças e diferenças em termos de importância relativa dos critérios e resultados das alocações, gerando uma expressiva quantidade de informação para apreciação. Os resultados muito distantes dos demais podem ser destacados sem que sejam desconsiderados.

Existem entretanto riscos envolvidos na sua aplicação. Por um lado, o processo pode induzir o grupo a um resultado imediato e central já de partida, sem que se discutam os pontos de vistas individuais. Por outro lado, corre-se o risco do surgimento de polarizações de coligações em torno de resultados e problemas internos aos subgrupos constituídos, o que poderia dificultar os avanços em direção a um resultado de consenso. Os dois processos descritos foram numericamente testados nos experimentos desenvolvidos (Capítulo 6).

É importante destacar que o modelo poderia ser utilizado para apoiar processos de decisão estruturados de maneira substancialmente diferente. Uma terceira via, não testada, seria iniciá-lo já através de interações e concessões par a par, até que fosse constituída uma coligação majoritária suficiente para uma solução coletiva ou uma solução unânime.

Ambos os processos testados nos experimentos do Capítulo 6 têm início com a estruturação do modelo, *input* de dados, obtenção dos resultados individuais iniciais com limiar de corte arbitrário e com a análise gráfica dos desempenhos das alternativas.

A construção do **gráfico de desempenho** das alternativas requer uma matriz de decisão $D=[g_j(a_i)]$, onde cada elemento $g_j(a_i)$ ($i=1, \dots, n; j=1, \dots, t$) representa a avaliação

numérica do desempenho de a_i no critério j , e também uma matriz $P=[g_j(b_h)]$ para a representação dos desempenhos das alternativas de referência b_h em cada um dos critérios j .

A matriz $D=[g_j(a_i)]$ é então transformada na matriz $G=[g_{ij}]$ cujos elementos encontram-se definidos em escala de 0 a 1. Da mesma forma, a matriz $P=[g_j(b_h)]$ é transformada na matriz $S=[s_{hj}]$. As transformações dos elementos $g_j(a_i)$ em g_{ij} e de $g_j(b_h)$ em s_{hj} são feitas calculando-se:

$$g_{ij} = \frac{g_j(a_i) - g_j^{\min}}{g_j^{\max} - g_j^{\min}} \quad \text{para critérios a maximizar}$$

$$s_{hj} = \frac{g_j(b_h) - g_j^{\min}}{g_j^{\max} - g_j^{\min}} \quad \text{para critérios a maximizar}$$

$$g_{ij} = \frac{g_j^{\max} - g_j(a_i)}{g_j^{\max} - g_j^{\min}} \quad \text{para critérios a minimizar}$$

$$s_{hj} = \frac{g_j^{\max} - g_j(b_h)}{g_j^{\max} - g_j^{\min}} \quad \text{para critérios a minimizar}$$

A matriz S gera o gráfico do tipo área para as classes cujos limites são estabelecidos pelos desempenhos $g_j(b_h)$ dos perfis. Dentro deste gráfico podem ser sobrepostas as linhas que representam os desempenhos das alternativas a_i .

A escala de desempenhos normalizada requer que sejam considerados desempenhos relativos entre alternativas, isso implica que a introdução ou remoção de alternativas torna necessário refazer os cálculos dos elementos das matrizes e o gráfico resultante.

O gráfico de desempenho das alternativas para um exemplo numérico é apresentado no Capítulo 6, figura 26. Trata-se de uma ferramenta visual importante principalmente para a comunicação do problema que se coloca ao grupo: Como classificar globalmente alternativas em classes predefinidas considerando os diferentes desempenhos

alcançadas nos critérios? Pode-se ver e comparar os pontos fortes e francos, em termos relativos, de cada uma das alternativas do conjunto A.

Fixados os parâmetros do modelo, a ferramenta VICA pode ser utilizada para **análises evolutivas** do conjunto A. Para isso, os espaços destinados às entradas de dados de cada DM passam a receber os *inputs* relativos a diferentes períodos. Os resultados individuais anteriormente denominados DM_d passam a denominar-se TM_z - Tempo ou período z . Eles representam as classificações resultantes dos diferentes desempenhos das alternativas em cada período z , mantidos os parâmetros estruturantes previamente estabelecidos por consenso.

Os resultados TM_z são utilizados para comparar as classificações evolutivas de cada a_i de maneira visual e numérica. O **gráfico de desempenho** anteriormente descrito serve de base para a construção do **gráfico evolutivo**. Este último considera os dados de desempenhos dos diversos períodos, de modo que se possa visualizar por critério e períodos o desempenho a_i^z .

Embora as classificações sejam melhor visualizadas dois a dois, os desempenhos de um período z podem ser comparados aos desempenhos de um período médio, ou por razões sazonais, ao mesmo período do ano anterior. Portanto, a versão para análise evolutiva da ferramenta - simples adaptação da versão estruturante - informa se a_i^z melhorou ou piorou sua classificação e ainda aponta quais os critérios que contribuíram positivamente e negativamente para a evolução.

4.6 A ferramenta

A ferramenta VICA é estruturada em 11 diferentes folhas de cálculo que podem ser agrupadas em 4 tipos, segundo o propósito a que servem: **Estruturação do Problema e Entrada de Dados; Processamento dos Cálculos; Visualizações; e Modificações de Preferências com Visualizações Interativas**. O quadro 3 mostra a estrutura geral do modelo, em termos de folhas de cálculos. Nesta seção, apresentamos as folhas ou os *displays* efetivamente operados pelo analista, conforme as interações com os DMs. Eles

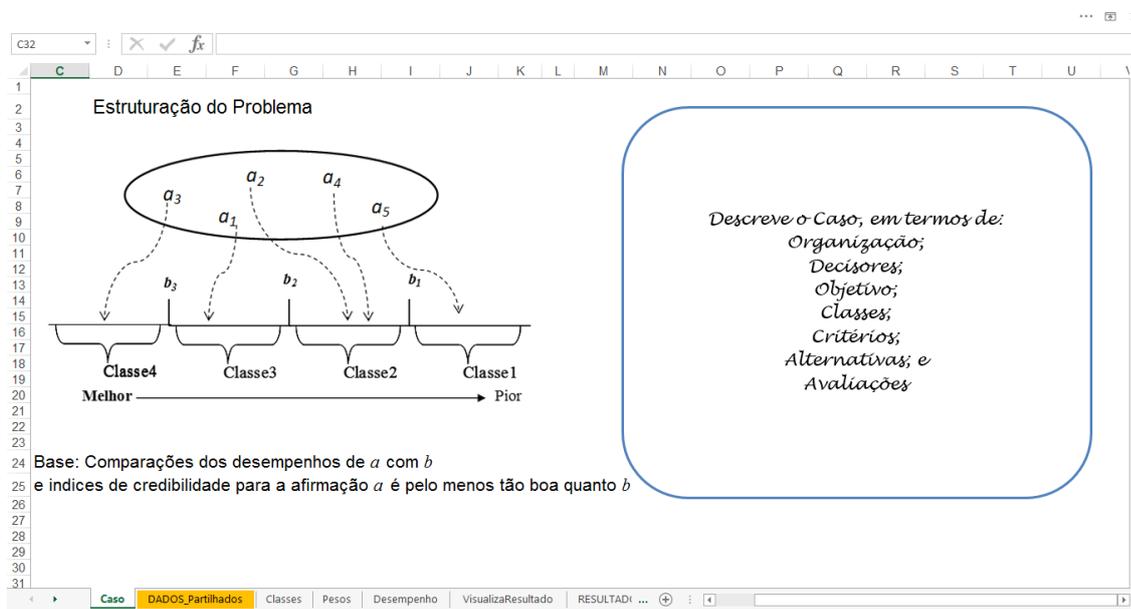
estão contidos no primeiro e no quarto grupo do quadro 3: **Estruturação do Problema e Entrada de Dados e Modificações de Preferências e Visualizações Interativas.**

Quadro 3 - Estrutura da ferramenta VICA

Folha		Propósito	
I. Caso	II. Dados Partilhados	Estruturação do Problema e Entrada de Dados	
III. Classes	IV. Pesos		
V. Dados DM_d	VI. Cálculos DM_d		Processamento de Cálculos
VII. Desempenhos	VIII. Visualiza Resultados		
IX. Resultados DMs	X. Resumo	Visualizações	
XI. Revisões			Modificações de Preferências e Visualizações Interativas

O primeiro grupo do quadro 3 é o das folhas para estruturação do modelo, elas auxiliam na coleta de dados junto aos decisores e também organizam esses dados para que o analista possa trabalhá-los de maneira prática. A folha *Caso*, apresentada na figura 18, faz parte desse grupo, ela introduz o modelo para os DMs e tem como objetivo reunir e retornar para todos, as informações fundamentais sobre o problema. Nela, o analista busca sintetizar num texto curto: o objetivo do grupo, informações acerca das classes, dos critérios e das alternativas. A folha é usada para partilhar com o grupo uma visão comum do problema, estabelecer uma nomenclatura única e também para explicar o método e como ele opera.

Figura 18 - O Caso



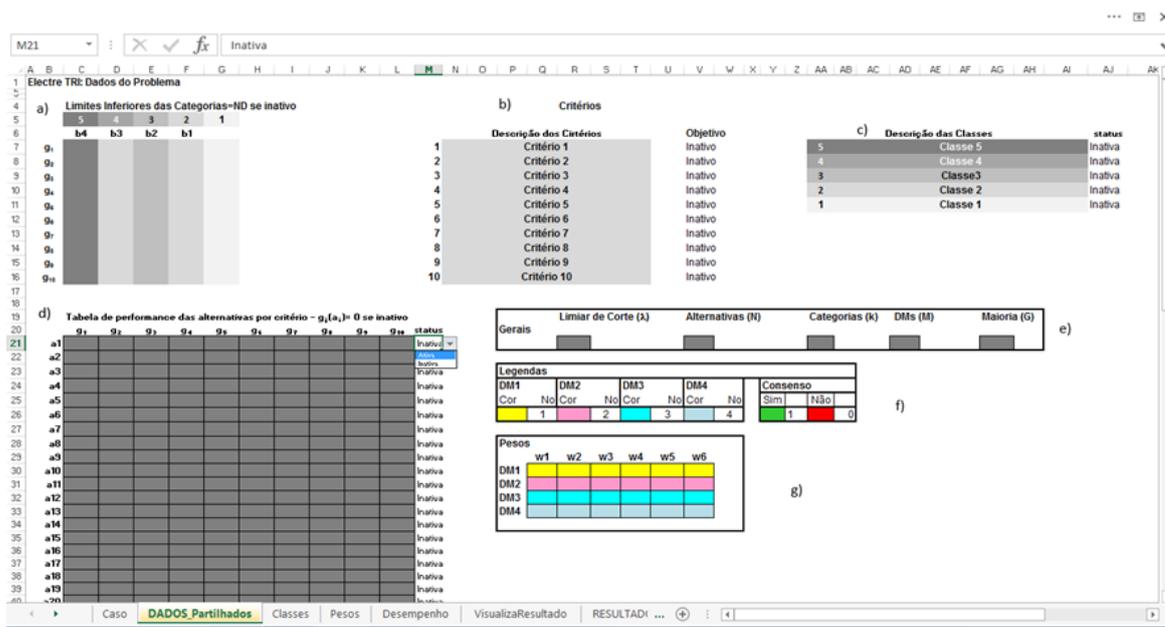
A folha de cálculo denominada Dados Partilhados é, sem sombra de dúvida, a mais utilizada pelo analista, ela reúne todos os valores dos parâmetros necessários para os cálculos do modelo. Mesmo quando coletados através de outras folhas junto aos decisores, nas chamadas folhas assistentes, os dados de entrada são transportados e reunidos nos diversos espaços organizados na folha de entrada principal-Dados Partilhados.

Hoje o modelo está estruturado para trabalhar com até 10 critérios e com até 5 classes, o que atende à maioria dos problemas que encontramos na literatura. Os espaços **a** e **c** da folha Dados Partilhados, mostrada na figura 19, destinam-se a nomear e ativar os critérios e classes que serão efetivamente usados no caso, deixando os demais inativos. Para ativar os critérios deve-se escolher entre as opções Max ou Min, para critérios a maximizar ou minimizar. No espaço **a** são introduzidos os valores dos desempenhos limites das classes $g(b_h)$, que serão usados em todas as comparações com os valores $g(a_i)$. Os desempenhos das alternativas $g(a_i)$ são introduzidos nas linhas a_i da área **d**, onde também são sinalizadas as alternativas ativas, através da seleção entre as opções inativa e ativa.

A área **e** da folha contém os seguintes valores numéricos: número total de alternativas ativas, número total de classes ativas, número total de DMs (M) e também os

valores atribuídos aos parâmetros λ e maioria G, todos estes são valores utilizados nos cálculos e precisam ser corretamente introduzidos. O espaço **f** é apenas informativo, contém legendas para as cores utilizadas nas visualizações, enquanto o espaço **g** reúne os valores correspondentes aos pesos atribuídos por cada um dos DMs.

Figura 19 - Dados partilhados



A figura 20 mostra a folha Classes, trata-se de um assistente, com *interface* amigável para facilitar a definição dos desempenhos $g_j(b_h)$, junto aos decisores. Considerando cada um dos critérios listados na primeira coluna, que podem estar a maximizar ou minimizar, as colunas E e F apontam os valores mínimos e máximos possíveis para os desempenhos $g_j(a_i)$. Nas colunas G a I, definem-se as quebras das classes, com a introdução dos valores $g_j(b_h)$. Como a classe 1 não tem limite inferior, a coluna J vem preenchida com NA. A pergunta feita para os DMs para a definição dos demais valores $g_j(b_h)$ é: qual o desempenho mínimo no critério para a alocação nessa classe?

Figura 20 - A folha Classes

		Limites inferiores das Classes					
		Min	Max	Classe 4	Classe 3	Classe 2	Classe 1
				Nome	Nome	Nome	Nome
1	Nome						NA
2	Nome						NA
3	Nome						NA
4	Nome						NA
5	Nome						NA
6	Nome						NA

Qual o desempenho mínimo para a alocação na classe?

A figura 21 apresenta os *displays* assistentes para definição dos pesos dos critérios, existindo um para cada decisor. O analista, juntamente com os DMs, pode usar os espaços para distribuir entre os critérios a importância relativa de cada deles, visualizando graficamente essa distribuição. Os valores definidos são transportados para a folha Dados Partilhados, de onde são colhidos todos os valores para o processamento dos cálculos.

Figura 21 - Pesos

DM3	Critérios	Peso
1	Critério-1	10,0%
2	Critério-2	
3	Critério-3	
4	Critério-4	
5	Critério-5	
6	Critério-6	

Soma 10%
Saldo 90%

O grupo **Processamento de Cálculos**, envolve folhas com os dados e os cálculos, uma para cada DM, que **não** são operadas pelos DMs ou analista, embora estejam disponíveis para conhecimento, não devem ser alteradas. Quanto ao grupo **Visualizações**, ele contém folhas para visualizar o desempenho relativo das alternativas nos critérios, os *displays* para visualização dos resultados das classificações de cada DM e a tabela para inspeção visual das combinações de limiar de corte e G que resultam em consenso. Como essas folhas para visualização necessitam de dados para serem melhor exploradas, elas serão discutidas com os exemplos numéricos, no Capítulo 6.

4.7 Notas conclusivas

Este capítulo apresentou o modelo VICA- ELECTRE TRI, desenvolvido em folha de cálculo para apoiar processos de decisão multicritério, no contexto da problemática da classificação e em grupo.

No decorrer das seções, mostrou-se como são introduzidos e estruturados os dados e quais são as fórmulas e mecanismos de cálculo e processamento utilizados para a busca ou construção de consenso. Discutiu-se como são desenhados os recursos visuais para a apresentação e análise de resultados e um fluxograma com os possíveis procedimentos para aplicação da ferramenta no âmbito de um processo.

A parte final do capítulo dedicou-se a apresentar a ferramenta *per se*, mostrando como ela está organizada em folhas de cálculo, onde são introduzidos e depois processados e visualizados os dados do problema.

Análise de Versões: Conceitos Associados e uso no VICA

Este capítulo trata dos conceitos Análise de Sensibilidade, Robustez e Versões do modelo e como eles se inserem na MCDA, segundo diferentes abordagens. Propõem-se uma estrutura sistemática para a análise no VICA, dentro da qual, os parâmetros são selecionados, inspecionados ou modificados para construir o modelo e, passo a passo alcançar uma versão de consenso.

O livro de Belton e Stewart (2003) apresenta diversos métodos MCDA e, quanto aos métodos de prevalência ou *outranking*, apontam como um de seus principais **problemas nas aplicações** a necessidade de definição dos muitos parâmetros envolvidos em sua modelagem. Eles afirmam que a literatura não tem dedicado suficiente atenção ao assunto, mais precisamente: “*The literature is rather silent on this issue, implying that the thresholds are intuitively meaningful to many*” Belton e Stewart (2003: 247). Resumimos abaixo as dificuldades que destacam e especificam:

- i. Os valores atribuídos aos limiares devem ser constantes ou proporcionais aos valores dos critérios? Não está claro como esses parâmetros podem ser obtidos ou calculados.
- ii. Os limiares de indiferença, preferência e veto não têm uma interpretação física ou psicológica imediata.
- iii. É possível que exercícios para definição de valores para os limiares possam proporcionar *insights* em relação às preferências e valores dos DMs.

Deve-se reconhecer que os parâmetros envolvidos nos cálculos do modelo VICA-ELECTRE TRI são muitos e podem ser divididos em 4 grupos:

- i. Perfis das categorias: b_h ;
- ii. Limiares do modelo pseudo-critério: q_j , p_j e v_j ;
- iii. Limiares de Corte e Consenso: λ e G ; e
- iv. Importância relativa dos critérios: w_j .

Neste capítulo, para cada grupo de parâmetros, buscamos responder às lacunas e/ou minimizar as dificuldades destacadas. Através de análises e interpretações e de ferramentas de apoio ou assistentes do modelo, busca-se apresentar meios de melhor compreender os seus papéis e de tornar mais clara e simples a tarefa de estabelecer ou alterar os seus valores.

O exercício oferece ainda o benefício de facilitar a estruturação das análises de sensibilidade ou robustez do modelo, que são úteis, não só para a confiabilidade da decisão, mas também para expandir os conhecimentos acerca do problema e apoio ao consenso.

5.1 Análise de Sensibilidade, Robustez e Simulação em MCDA

A expressão *Análise de Sensibilidade* é usada tradicionalmente no contexto de problemas de otimização. Ela atua como resposta à dificuldade de estabelecer parâmetros para os modelos, indicando quanto os parâmetros do modelo podem variar sem, no entanto, mudar a solução ótima.

A simulação é também uma técnica usada em *OR/MS* para lidar com a incerteza e a dificuldade de se estabelecer valores para parâmetros-variáveis independentes X_1, X_2, \dots, X_K , num modelo onde variáveis dependentes $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_K)$, representam os *outputs* que devem ser analisados estatisticamente ou em termos probabilísticos. Em geral, a simulação utiliza a atribuição aleatória de valores (e.g. procedimentos Monte Carlo) para as variáveis dependentes X , visando obter uma distribuição e outras características das medidas de desempenhos dos resultados Y . Segundo Winston (1996), a simulação Monte Carlo é um tipo de simulação onde os números aleatórios podem ser gerados de maneira

independente entre si, como se fossem obtidos quando se gira uma roleta num casino. Kroese *et al.* (2014: 386), apresentam uma definição mais ampla da simulação de Monte Carlo⁹, para eles, esse tipo de simulação é em essência, a geração de objetos aleatórios, esses objetos podem ter origem no mundo real ou podem ser introduzidos artificialmente, puramente para resolver problemas determinísticos, quando envolvem amostras aleatórias de certas distribuições probabilísticas. Tanto em situações naturais como artificiais, a ideia é repetir o experimento muitas vezes, para obter grandes quantidades de interesse, usando métodos de inferência.

Segundo Losa *et al.* (2001) o poder prescritivo da análise de sensibilidade em aplicações com problemas multicritério com múltiplos atores tem sido destacado por vários autores. Neste nível, a análise de sensibilidade tem como objetivo identificar parâmetros cujas pequenas modificações podem afetar significativamente o *score* global das alternativas, diminuindo o conflito. Os atores podem ser consultados sobre a aceitação das alterações, aumentando as oportunidades para o compromisso ou consenso.

Vista algumas vezes como a análise reversa à análise de sensibilidade, a análise de robustez tem sido usada para lidar com as incertezas no contexto de problemas multicritério. Há diversas abordagens e alguma controvérsia acerca do tema. O *Euro Working Group-Multicriteria Decision Aiding* (Dias, 2006) desenvolveu um fórum onde estudiosos da área apresentam suas ideias sobre o conceito e suas aplicações. A seguir apresentamos algumas dessas ideias, especialmente aquelas que se referem aos contextos e área de estudo de interesse deste trabalho.

Pictet (2007) discute o papel da Análise de Robustez (AR) na prática e na decisão em grupo, onde as avaliações de desempenho das ações ou alternativas são compartilhadas e os pesos dos critérios são individuais. Ele destaca duas fases distintas onde a aplicação da AR é útil – abertura e fechamento.

⁹ Tradução livre da autora. No original “*Monte Carlo simulation is, in essence, the generation of random objects or processes by means of a computer. [...]the idea is to repeat the experiment many times (or use a sufficiently long simulation run) to obtain many quantities of interest using [...] methods of statistical inference*” (Kroese *et al.*, 2014: 386).

Na fase de abertura, a análise ajuda na geração de uma gama rica de resultados válidos. Os procedimentos nessa fase podem ser manuais, com variações em torno de informações centrais ou mais automatizados, com o uso de simulação. No entanto, após a geração dos vários resultados possíveis, como num *brainstorming*, é preciso lidar com eles, extrair desse rico universo de possibilidades, as soluções que melhor atendem aos objetivos. Para isso, é possível introduzir novas análises com alterações que estabeleçam restrições para filtrar um universo menor e melhor de soluções. Segundo Pictet (2007), é preciso usar a análise para entrar na fase de fechamento do processo. Nessa segunda etapa faz-se uso da AR em procedimentos de partilha, comparação e agregação. Já Rosenhead (2002) enfatiza que a AR tem papel importante na busca por soluções flexíveis que sirvam para um amplo conjunto de futuro concebíveis.

Segundo Stewart (2008), erros e desvios podem acontecer em processos MCDA devido a: incertezas externas, incertezas internas, escolha do modelo de preferência ou identificação de critérios e alternativas. Defende que, para a **robustez geral** dos métodos MCDA, é preciso que a AR seja pensada de maneira inclusiva em relação à fase de estruturação do problema, através de questionamentos como:

- i. Por que esta alternativa é ordenada em nível tão baixo?
- ii. Por que nenhuma das alternativas tem bom desempenho nesse critério?

A AR na perspectiva de Dias (2006) é motivada pelas incertezas envolvidas no estabelecimento de valores para os parâmetros de modelos de apoio à decisão. Em MCDA, as incertezas incorporam não somente imprecisões nas medidas técnicas, mas também incertezas relacionadas às preferências do(s) DM(s) e diversidade no julgamento de valores dentro de um grupo. Aponta-se que a AR pode ser uma preocupação considerada em momentos distintos: *a priori*, *a posteriori* ou durante o processo de decisão. Neste último caso, pode servir de guia num processo sequencial e interativo.

No contexto da problemática da classificação, Vetschera *et al.* (2010) afirmam que a alocação de uma alternativa é robusta, se ela é alocada na mesma classe, usando todos os parâmetros preferenciais compatíveis com as informações de preferências fornecidas pelo DM. Para eles, as pesquisas sobre robustez seguem, em geral, dois caminhos, conforme mostra o quadro 4.

Quadro 4 - Caminhos da investigação sobre robustez em Vetschera *et al.* (2010)

Exame analítico	Baseados em Simulação
<p>Onde procedimentos analíticos são adotados com a finalidade de ajudar os decisores na comparação e avaliação de alternativas em condições de incerteza nas preferências dos DMs. Exemplos de trabalhos neste grupo: Chen <i>et al.</i> (2008), Dias <i>et al.</i> (2002), Eum <i>et al.</i> (2001), Hazen (1986), Kirkwood e Sarin (1985), Köksalan e Ulu (2003), Lahdelma <i>et al.</i> (1998), Mousseau e Slowinski (1998), Mousseau <i>et al.</i> (2000), Rios Insua (1990), Vetschera (1997), Weber (1987).</p>	<p>Baseados em simulação, geralmente, utilizando a simulação de Monte Carlo para obter dados que possam ser analisados estatisticamente. São exemplos de pesquisas neste grupo: Ahn e Park (2008), Barron e Barrett (1996), Butler <i>et al.</i> (1997), Mousseau <i>et al.</i> (2001). Inclui a pesquisa em contextos estocásticos, o SMAA, desenvolvido por Lahdelma <i>et al.</i> (1998).</p>

Roy (2003) propõe no fórum referido a criação do termo: “Análise de versões do problema”, visando clarificar e dar amplitude ao conceito de robustez conforme expresso em trabalhos anteriores, especialmente em (Roy, 1998).

No início dos anos 80 a análise do pior cenário e do melhor cenário era o procedimento mais comum para a avaliação dos riscos e incertezas envolvidos numa decisão. As análises *What if* surgem com o advento dos computadores pessoais e das folhas de cálculo, como uma ferramenta para expandir as possibilidades dos cenários (melhor/pior) no contexto da avaliação de riscos (Ragsdale, 2004).

Atualmente o Excel inclui na funcionalidade denominada análises de hipóteses as ferramentas: *Scenario Manager*, *Goal Seek* e *Data table* que, devidamente exploradas, são capazes de criar um grande número de cenários e **informações** para análise. Grifou-se a palavra ‘informações’ com o propósito de enfatizar que, apesar da denominação, o que se

oferece é um enorme potencial de criação de informação, a partir das variadas possibilidades para se combinarem dados.

Mas é preciso cuidado na sua utilização, pois as combinações automatizadas de dados devem ser tratadas de maneira objetiva, sistemática e analítica, direcionadas de modo a fazer sentido para uma finalidade, sob pena do analista se perder no meio de uma infinidade de números sem significado.

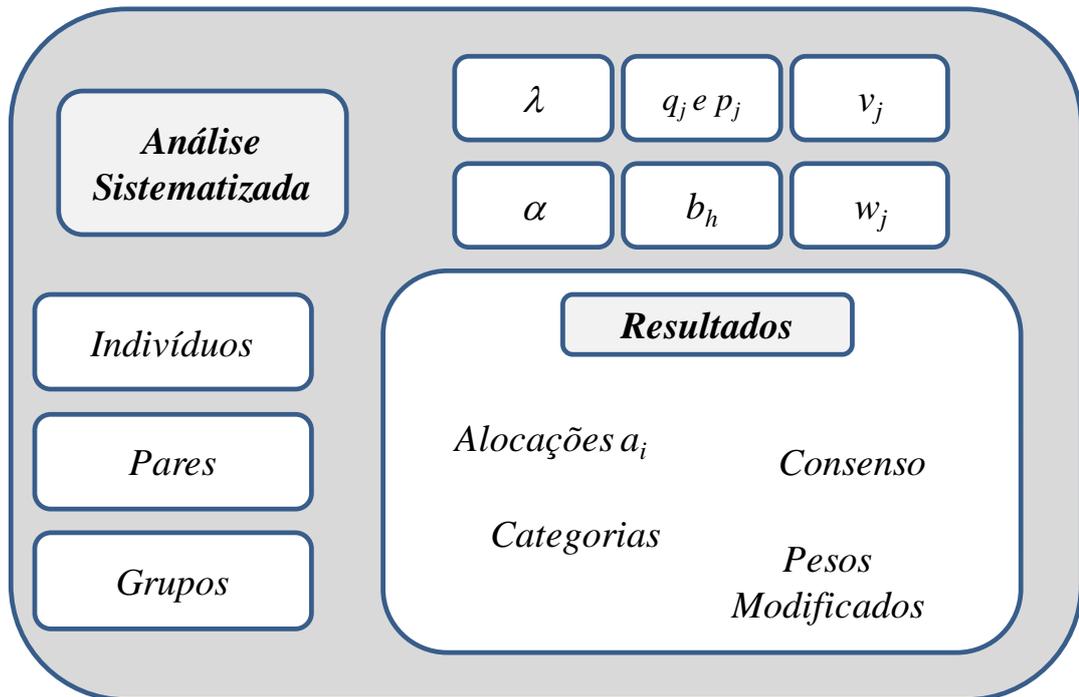
A análise que desenvolvemos com o VICA, não se trata exatamente da Análise de Sensibilidade ou Análise de Robustez em suas mais tradicionais definições. Assemelha-se a ambas e também à simulação, à medida que analisa os impactos das variações dos parâmetros do problema, gerando novas versões do modelo e resultados modificados alternativos. Entretanto, ela possui características específicas no que diz respeito aos objetivos e procedimentos utilizados, por isso optou-se por utilizar o termo “Análise de Versões do modelo” como proposto em Roy (2003).

5.2 Análise das versões do modelo no VICA

Em termos de instrumentos, a metodologia para uso do modelo faz uso sistemático das análises de hipóteses ou *What if analysis*, como conhecidas na modelagem em folhas de cálculo. Quanto ao objetivo, ele é definido tendo em vista a classificação multicritério no contexto específico da decisão em grupo. Isto é, a ferramenta VICA, enquanto apoia a busca de um resultado de consenso, contribui para a construção de um modelo solidamente estruturado para uso futuro.

A cada resultado de consenso encontrado corresponde uma versão do modelo, cujos alicerces são estabelecidos por um conjunto de parâmetros, portanto a análise dirigida desses parâmetros é de grande importância para a exploração e compreensão do problema, bem como para a confiabilidade da ferramenta.

Quadro 5 - Estrutura da análise



A análise de versões do modelo diz-se sistematizada porque parte de uma estrutura predefinida, conforme ilustra o quadro 5, e segue uma sequência de procedimentos que direcionam a obtenção da análise pretendida. Podem-se ver no quadro três áreas distintas. Na parte superior direita encontram-se os parâmetros ou conjunto $T = \{\lambda, q_j, p_j, v_j, w_j \text{ e } \alpha\}$, cujos elementos serão sistematicamente alterados e/ou combinados. Logo abaixo, na parte central do quadro, encontram-se os *outputs* ou resultados que são analisados: as alocações de a_i , a composição das categorias, o consenso e as modificações de preferência, quando aplicável.

Os resultados são analisados sob os pontos de vista listados na lateral esquerda do quadro: perspectiva individual, dos pares e do grupo. Além disso, algumas análises consideram o ponto de vista do analista, conforme conveniente no decorrer do processo.

A seguir estabelecemos cinco objetivos específicos para a condução da análise de versões, conforme proposta:

- i. Analisar o papel dos parâmetros no funcionamento do modelo considerando seus significados, propriedades relevantes e limites plausíveis;
- ii. Pesquisar formas práticas e seguras de atribuir valores para preferências e parâmetros;
- iii. Verificar o impacto das variações isoladas dos parâmetros nas diversas representações de resultados e sob as diferentes perspectivas possíveis;
- iv. Dentro do processo de decisão, apontar modificações (concessões, incrementos e decréscimos nos parâmetros) que possam facilitar o consenso do grupo; e
- v. Sistematizar a construção de cenários (modificações combinadas de parâmetros) e versões alternativas para estabelecimento de um modelo sólido e flexível para uso futuro.

5.2.1 Novas versões do modelo: definindo as classes

Conforme discutido no Capítulo 3, as alternativas de referência ou perfis $b_h \in B = \{b_1, b_2, \dots, b_h, \dots, b_{k-1}\}$ funcionam como limites inferiores e/ou superiores posicionados entre as k classes ordenadas, elas definem as fronteiras e modelam as categorias. Cada elemento ou alternativa de referência b_h é caracterizada por um vetor de desempenhos $g_j(b_h)$ em cada um dos t critérios.

O vetor de desempenhos que caracteriza um perfil b_h pode ter como base desempenhos de uma alternativa real ou pode ser uma composição fictícia constituída por desempenhos de referência em cada critério. O importante é compreender que essa constituição ou vetor de desempenhos determinará as referências comparativas para os desempenhos das alternativas ou ações potenciais

Uma vez que as ações de referência estabelecem limites entre as categorias h e $(h+1)$ para categorias ordenadas da melhor para a pior, o método ELECTRE TRI estabelece condições para a definição de b_h garantindo que: b_{h+1} seja consistentemente melhor que b_h . Assim sendo, deve ser observada a condição: $g_j(b_h)$ é melhor que $g_j(b_{h-1})$, $\forall j \in \{1, 2, \dots, t\}$ ou seja b_h domina b_{h-1} .

Mas as diferenças entre os desempenhos dos perfis consecutivos $g_j(b_h) - g_j(b_{h-1})$ devem ser significativas, evitando a formação de categorias demasiado estreitas, e para tal são considerados os limiares de indiferença e preferência de modo que $g_j(b_h) - g_j(b_{h-1}) \geq p_j$ ou seja $\sigma(b_{h-1}, b_h) = 0$.

O problema prático que se coloca agora é o de como apoiar um indivíduo ou grupo na definição de uma matriz **inicial** consistente de desempenhos dos perfis b_h :

$$\begin{bmatrix} g_1(b_1) & g_2(b_1) & \dots & g_t(b_1) \\ g_1(b_2) & g_2(b_2) & \dots & g_t(b_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_1(b_{k-1}) & g_2(b_{k-1}) & \dots & g_t(b_{k-1}) \end{bmatrix}$$

Enfatiza-se o termo inicial porque assumimos que o processo de atribuição de valores aos parâmetros deve ser interativo, no entanto essa interação pressupõe a compreensão do modelo e ela pode ser facilitada, também, através de definições iniciais amplamente flexíveis.

Sem nenhum tipo de apoio, quando perguntado sobre quais deveriam ser os limites de uma categoria, em termos de desempenho/critério, um DM teria que subjetivamente buscar em sua memória valores de referência. Provavelmente ele faria uso de dados de desempenhos esperados e/ou verificados no passado. Um esforço cognitivo considerável com resultados frágeis, especialmente em problemas envolvendo grande número de critérios de escalas variadas.

Portanto, a organização e análise de um conjunto de dados de desempenhos das alternativas (atuais e/ou históricas) pode ser de grande ajuda no sentido de aliviar o esforço cognitivo, minimizar incoerências e erros envolvidos na tarefa.

Uma forma prática, simples e relativamente segura de analisar valores plausíveis para $g_j(b_h)$ seria associá-los aos percentis da distribuição de frequência das observações disponíveis dos desempenhos. Um percentil é cada um dos valores que dividem uma série de observações ordenadas cumulativamente segundo uma escala de cem intervalos. É um conceito bastante conhecido em Estatística, onde o x -ésimo percentil, ou percentil de

ordem x (P_x) é um valor tal que $x\%$ dos elementos do conjunto de dados tem valores menores que ele e $(100-x)\%$ tem valores maiores ou iguais a ele.

Tendo em visto o exposto, propõe-se utilizar esse conceito para estabelecer valores iniciais consistentes para a matriz de desempenhos $g_j(b_h)$, $j = \{1, 2, \dots, t\}$ e $h = \{1, 2, \dots, k-1\}$. Inicialmente é preciso definir o número de categorias k que se deseja criar, observando se o critério em questão é a maximizar ou minimizar, então podemos associá-los aos percentis P conforme abaixo:

$$\begin{cases} g_j(b_h) = P_{100(\frac{h}{k})}^j & \text{se o critério é a maximizar} \\ g_j(b_h) = P_{100(1-\frac{h}{k})}^j & \text{se o critério é a minimizar} \end{cases}$$

Como exemplo, para um caso com 5 categorias e 4 critérios a maximizar, a matriz dos desempenhos b_1, b_2, b_3 e b_4 teria como referência a matriz P_x^j :

$$\begin{bmatrix} g_1(b_1) & g_2(b_1) & g_3(b_1) & g_4(b_1) \\ g_1(b_2) & g_2(b_2) & g_3(b_2) & g_4(b_2) \\ g_1(b_3) & g_2(b_3) & g_3(b_3) & g_4(b_3) \\ g_1(b_4) & g_2(b_4) & g_3(b_4) & g_4(b_4) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{20}^1 & P_{20}^2 & P_{20}^3 & P_{20}^4 \\ P_{40}^1 & P_{40}^2 & P_{40}^3 & P_{40}^4 \\ P_{60}^1 & P_{60}^2 & P_{60}^3 & P_{60}^4 \\ P_{80}^1 & P_{80}^2 & P_{80}^3 & P_{80}^4 \end{bmatrix}$$

A obtenção dos percentis no Excel é tarefa simples, uma vez que a folha de cálculo disponibiliza a função para seu cálculo automático, a partir da entrada do conjunto de dados e do percentil desejado.

Verificar a distribuição de frequência dos desempenhos para definir os perfis b_h apresenta vantagens relevantes, especialmente para certos de tipos de escalas e situações de decisões reais.

A título de exemplo, consideremos um caso comum da literatura onde existe um critério a maximizar cuja escala de desempenhos das alternativas é estabelecida em valores de 1 a 5, sendo o desempenho 1- Baixa, 2- Regular, 3- Boa, 4- Muito Boa e 5- Excelente.

Estabelecer 3 categorias requer definir $g_j(b_1)$ e $g_j(b_2)$, sem dados de desempenhos, seria razoável atribuir-lhes, respectivamente os valores 2 e 4. Entretanto, se a partir da análise dos dados verifica-se que nenhuma alternativa potencial alcança ou

alcançou historicamente os *scores* 4 e 5, e que 80% dos dados encontram-se entre os valores 1 e 2, talvez faça sentido definir $g_j(b_1)$ e $g_j(b_2)$ em patamares mais baixos.

Vale salientar que, o que se pretende aqui não é contruir uma estimativa para a caracterização das categorias, já que partilhamos o pensamento de Roy (1991: 68) acerca do assunto: “*The concepts of estimation and approximation refer, of course, to a quantifiable entity whose real value exists somewhere. Yet this somewhere can only be found in the mind of someone, namely the decision-maker.*”

Dessa forma, a metodologia desenvolvida para uso do VICA propõe o uso desse recurso, se necessário, como ponto de partida para apoiar à definição das classes, caso contrário, no encerramento do processo, durante a análise das versões do modelo final. No modelo proposto assumimos que os DMs estruturam de maneira partilhada as categorias do problema. No entanto, diferentes versões do modelo, com estruturas de perfis e categorias alternativas, podem ser obtidas em questão de segundos. Os resultados alternativos correspondentes podem ser facilmente visualizados e comparados no VICA.

5.2.2 Novas versões do modelo: definindo os limiares q_j e p_j

O que acontece se inicialmente **desconsideramos** a presença dos parâmetros q_j, p_j, v_j , ou seja, quando estabelecemos $q_j = p_j = 0, v_j = +\infty$? Essa é na verdade uma situação inicial plausível, assumindo que, normalmente no início do processo de decisão, não se tem valores definidos para o conjunto de parâmetros. Portanto, seria razoável considerar a inexistência inicial dos mesmos, de modo que se perceba o efeito de sua introdução num segundo momento.

O modelo oferece assistência para incrementos e decréscimos automáticos dos valores estabelecidos para o limiar de indiferença q_j , limiar de preferência p_j , e limiar de veto v_j , sejam eles definidos por critérios ou estabelecidos para cada uma das comparações (a_i, b_h) , por perfil, quando assumem as formas: $q_j(b_h)$, $p_j(b_h)$, e $v_j(b_h)$, respectivamente. Isso é feito, observando-se as condições de coerência necessária.

A automatização das variações dos valores dos limiares, aliada à ferramenta para construção de cenários, permite a construção de novas versões para o modelo com relativas segurança e facilidade.

5.2.3 Novas versões do modelo: modificando G e λ

As variações do parâmetro G, conforme definido na seção 4.4, podem auxiliar na busca de uma alocação em G-consenso para a_i . Lembrando que o uso do parâmetro requer a contagem de resultados DM_d para os quais $a_i S b_h$. Sendo M membros do grupo e $G \in \mathbb{N}$: $M/2 < G \leq M$ a maioria estabelecida pelo grupo para o G-consenso, então temos:

$$v^d(a_i, b_h) = \begin{cases} 1 & \text{se } \sigma^d(a_i, b_h) \geq \lambda \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$V(a_i, b_h) = \sum_{d=1}^M v^d(a_i, b_h)$$

Visando facilitar a compreensão de como é feita essa análise no VICA, a figura 22 ilustra uma situação hipotética onde 5 DMs apresentam resultados para a classificação de uma alternativa. Em DM_1 ($a_i \rightarrow K_2$), segundo DM_2 , DM_3 e DM_4 ($a_i \rightarrow K_3$), enquanto em DM_5 ($a_i \rightarrow K_1$).

Figura 22 - Modificando G

a_i	K_3	K_2	K_1
DM_1			
DM_2			
DM_3			
DM_4			
DM_5			
$V(a_i, b_h)$ e $G=3$	3	4	5
$V(a_i, b_h)$ e $G=4$	3	4	5

A análise da figura 22 mostra que, se o grupo desejar adotar uma maioria $G = 3$, conforme visualizada na linha $V(a_i, b_h)$ e $G=3$, existe G -consenso para $(a_i \xrightarrow{G=3} K_3)$, já para $G = 4$, temos uma alocação diferente $(a_i \xrightarrow{G=4} K_2)$. Vale lembrar que seguindo o procedimento pessimista, não temos limite inferior para a classe mais baixa, dessa forma sempre haverá G -consenso para a alocação de a_i na classe mais inferior do conjunto, ou seja, podemos afirmar que a_i pode sempre ser considerada alocável na pior classe. Dessa forma, as divergências acontecem à medida que não se verifica G -consenso para a elevação das ações da pior categoria para categorias superiores.

As comparações entre os desempenhos $g_j(a_i)$ e $g_j(b_h)$ permitem calcular as concordâncias parciais e as credibilidades globais, sob forma de valores pertencentes ao intervalo $[0,1]$. Entretanto elas não são suficientes para estabelecer uma relação binária (sim, não) para validação da afirmação $a_i S b_h$. O limiar de corte λ , é um parâmetro pertencente ao intervalo $[0.5,1]$ que estabelece o nível mínimo da credibilidade $\sigma(a_i, b_h)$ que se julga necessário para que o DM valide ou não a afirmação “ a_i é pelo menos tão boa quanto b_h ”, ou seja, considerando todos os critérios, a afirmação é válida se $\sigma(a_i, b_h) \geq \lambda \Leftrightarrow a_i S^\lambda b_h$.

Os resultados dos DMs podem ser muito sensíveis às variações de λ . A figura 23 auxilia-nos na explicação de como as modificações dos valores do limiar de corte afetam os resultados individuais e o consenso do grupo. Ela contém uma análise simplificada de um problema fictício, onde os resultados de 2 DMs são comparados, considerando uma situação onde existem 3 categorias possíveis para a alocação de a_i , segundo 3 critérios.

Figura 23 - Exemplo simplificado

		g_1		g_2		g_3	
		b_2	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1
a)	$c_j(a_i, b_h)$	0	0	0	1	1	1
b)		W^1		0.40		0.30	
		W^2		0.20		0.70	
c)		$\lambda = 0.60$	K_3	K_2	K_1		
	DM_1	0.30	0.60	1.00			
	DM_2	0.70	0.80	1.00			
		$\lambda = 0.65$	K_3	K_2	K_1		
	DM_1	0.30	0.60	1.00			
	DM_2	0.70	0.80	1.00			
		$\lambda = 0.85$	K_3	K_2	K_1		
	DM_1	0.30	0.60	1.00			
	DM_2	0.70	0.80	1.00			

As concordância parciais $c_j(a_i, b_h)$ são apresentadas na parte (a) da figura, note-se que são iguais para ambos os DMs. Entretanto as importâncias relativas dos critérios diferem: o vetor W^1 da parte (b) da figura representa as preferências do DM₁ e o vetor W^2 representa as preferências do DM₂. A parte (c) da figura apresenta os índices de credibilidades para as comparações $a_i S b_h$, que possibilitam a obtenção dos resultados da classificação segundo DM₁ e DM₂.

Inicialmente vamos analisar os resultados dos DMs com um limiar de corte igual 0.60. Na figura 23 as alocações estão sinalizadas em cinza. Nesse caso, DM₁ não pode alocar a_i na classe K_3 , porque em seus resultados a credibilidade $\sigma(a_i, b_2) = 0.30$, portanto inferior à credibilidade mínima requerida para a alocação que é 0.60. A primeira classe, da melhor para a pior, onde a_i é alocável seria K_2 , já que para essa alocação, a credibilidade $\sigma(a_i, b_1) = 0.60 \geq \lambda$. Logo, seguindo o procedimento pessimista do ELECTRE TRI, **DM₁**

aloca a_i em K_2 . O DM_2 confere importância relativa maior ao critério 3, onde a_i apresenta bons desempenhos em comparação com ambos os perfis b_h , logo, as credibilidades globais $a_i S b_h$, são maiores e, considerando $\lambda = 0.60$, **DM_2 aloca a_i em K_3 .**

Se aumentarmos o limiar de corte, fazendo $\lambda = 0.65$, por exemplo, a alocação de a_i em DM_1 é alterada de K_2 para K_1 , mas permanece em K_3 segundo DM_2 . Essa mudança pequena mostra que as modificações do parâmetro λ podem afetar sensivelmente uma classificação, como em DM_1 , e até mesmo a decisão do grupo, já que, no exemplo, ela fez aumentar a distância ou divergência entre as classificações do DM_1 e DM_2 . Vê-se ainda que, para $\lambda > 0.85$, temos uma alocação de consenso, já que ambos alocam a_i em K_1 , a pior categoria. Note-se que, para $\lambda = 0.65$, os resultados DM_1 e DM_2 se distanciaram. Isso é um comportamento comum, ou seja, em geral, é mais fácil encontrar consenso para alocações conforme λ aproxima-se dos valores mais extremos do intervalo $[0.5,1]$. Isso porque valores λ próximos ao seu limite superior imprimem maior rigor nas alocações, enquanto valores mais próximos de seu mínimo, facilitam as alocações em classes mais elevadas e, dependendo dos parâmetros e dos outros números envolvidos no modelo, tendem a concentrar as alocações também nas classes mais extremas.

Dessa forma, é muito importante a inspeção sistematizada dos valores atribuíveis a λ , ela pode ser feita de maneira isolada, ou combinada com as modificações de outros parâmetros, através da construção de cenários ou da ferramenta tabela para análise de hipóteses, no Excel. A estruturação de ferramentas de visualização associadas às inspeções interativas, podem não só facilitar a comunicação, mas também direcionar a busca por versões de consenso para o modelo. No Capítulo 6 será apresentado e exemplificado com mais detalhe como são construídas essas ferramentas, especialmente no caso da combinação das modificações de λ e G como *input*, tendo como *output* a contagem de alternativas em G -consenso e também suas alocações.

5.2.4 Novas versões do modelo: modificando W

O que acontece se - *What if* - alterarmos a importância dos critérios de um dos DMs e/ou de ambos? Seria aceitável? Qual a alteração necessária para o consenso? Qual a alteração máxima possível? Essas são questões fundamentais no modelo VICA. Conforme

visto no Capítulo 4, uma forma de aproximar os resultados de dois DMs é aproximar os valores de seus índices de credibilidade. Isso pode ser feito diminuindo a distância entre os seus vetores de preferência. Conforme visto no Capítulo 4, sendo $W^d = [w_j^d]$ o vetor de coeficientes de importância dos critérios j , segundo o indivíduo d , então as revisões das preferências podem ser feitas sob forma de concessões $\alpha_{o \rightarrow p}$ entre os indivíduos:

$$W^{o \rightarrow p} = W^o - \alpha_{o \rightarrow p}(W^o - W^p), \text{ e}$$

$$W^{p \rightarrow o} = W^p - \alpha_{p \rightarrow o}(W^p - W^o)$$

As ferramentas para **análise de hipóteses** podem ser usadas para verificar as modificações em $W^d = [w_j^d]$ capazes de ajudar o grupo a caminhar em direção a uma solução de consenso. Estabelecendo o consenso através de uma variável binária, temos $\chi = 1$, quando a combinação $(\alpha_{o \rightarrow p}, \alpha_{p \rightarrow o})$ resulta em consenso. Com a **tabela de dados do Excel**, pode-se obter e visualizar as combinações de concessões (lista de entradas das colunas e linhas da tabela) entre dois indivíduos que resultam em consenso χ (célula resultante). O **Solver** também pode auxiliar, permitindo verificar as concessões $\alpha_{o \rightarrow p}$ máximas que cada DM estaria disposto a fazer, considerando as restrições impostas por um intervalo $[w_j^d, \bar{w}_j^d]$ fornecido.

A figura 24 utiliza os mesmos dados do exemplo da figura 23 e introduz as modificações das importâncias relativas dos DMs, para ilustrar numa situação simplificada (uma alternativa e dois DMs), como operam as concessões. À direita dos pesos originais, vêm-se destacadas as concessões $(\alpha_{1 \rightarrow 2} = 0.25, \alpha_{2 \rightarrow 1} = 0.13)$ e também os vetores $W^{1 \rightarrow 2}$ e $W^{2 \rightarrow 1}$ com os pesos modificados. No exemplo, considerando um limiar de corte de 0.65, originalmente DM₁ alocava a_i em K_1 e DM₂ alocava a_i em K_3 , mas com a modificação dos vetores W , ambos passam a alocar a_i em K_2 .

Figura 24 - Exemplo de modificações em W

	g_1		g_2		g_3	
	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1
$c_j(a_i, b_h)$	0	0	0	1	1	1

W^1	0.40	0.30	0.30	$\alpha_{1 \rightarrow 2}$	0.25
W^2	0.20	0.10	0.70	$\alpha_{2 \rightarrow 1}$	0.13

$W^1 - W^2$	0.20	0.20	-0.40
$W^2 - W^1$	-0.20	-0.20	0.40

$W^{1 \rightarrow 2}$	0.35	0.25	0.40
$W^{2 \rightarrow 1}$	0.23	0.13	0.65

$\lambda = 0.65$	K_3	K_2	K_1
DM_1	0.300	0.600	1.000
DM_2	0.700	0.800	1.000

$\lambda = 0.65$	K_3	K_2	K_1
$DM_{1 \rightarrow 2}$	0.400	0.650	1.000
$DM_{2 \rightarrow 1}$	0.648	0.774	1.000

No exemplo, está ilustrada uma das possibilidades de concessão, nesse caso o caminho do meio é alcançado, sem que seja necessário que cada indivíduo caminhe 50% dele, na verdade, se DM_1 caminha 25% da distância e DM_2 13% dela, um resultado mediano já pode ser alcançado, fazendo com que o conjunto de pesos modificados não precise ficar tão distante do conjunto de pesos originais. No entanto, o que aconteceria se apenas um dos DMs estiver disposto a fazer concessões? Qual seria a concessão necessária? A figura 25 apresenta, para o exemplo, quais seriam as concessões necessárias para classificações de consenso alternativas- sinalizadas em verde.

Vale a pena lembrar que essas concessões necessárias podem ser significativamente modificadas, não só devido aos dados do problema, mas conforme o valor atribuído ao limiar de corte. Poderíamos imaginar que o DM_1 , que tem pesos mais

distribuídos, não concorde em fazer nenhuma concessão (note-se que DM_2 concentra 70% da importância no critério 3). Nesse caso, DM_2 precisaria fazer uma concessão de 0.755 para alcançar o resultado DM_1 , conforme mostra a última linha da figura 25. Para encontrar soluções de consenso, as concessões podem ser combinadas com variações do limiar de corte. Por exemplo, para o limiar de corte 0.70, a concessão mínima unilateral do DM_2 não precisaria ser 0.755, seria necessária uma concessão de 0.501, o que significaria uma alteração menor no seu vetor de pesos: de $W^2 = (0.20, 0.10, 0.70)$ para $W^{2 \rightarrow 1} = (0.30, 0.20, 0.50)$, que ainda manteria concentrado no critério 3 a importância relativa de 50%.

Figura 25 - Concessões e modificações

$\alpha_{1 \rightarrow 2}$	$\alpha_{2 \rightarrow 1}$	DM_1	DM_2	$W^{1 \rightarrow 2}$	$W^{2 \rightarrow 1}$
0.000	0.000	K_1	K_3	(0.40,0.30,0.30)	(0.20,0.10,0.70)
0.250	0.130	K_2	K_2	(0.35,0.25,0.40)	(0.23,0.13,0.65)
0.875	0.000	K_3	K_3	(0.23,0.13,0.65)	(0.20,0.10,0.70)
0.000	0.755	K_1	K_1	(0.40,0.30,0.30)	(0.35,0.25,0.40)

5.3 Notas conclusivas

Este capítulo discutiu a Análise de Sensibilidade ou Análise das Versões do Modelo. Inicialmente, foram apresentadas as diferentes visões sobre o tema, como ela é compreendida e inserida dentro da MCDA e os seus conceitos associados: Análise de Robutez; Análise *What if*; Simulação; e Análise de Versões do Modelo.

A partir da perspectiva adotada, discutiu-se o seu papel neste trabalho e a forma como é utilizada no decorrer da aplicação do VICA. Através de análises, interpretações e de ferramentas de apoio ou assistentes do modelo, viram-se os meios para melhor compreender os papéis dos parâmetros do modelo e de tornar mais clara e simples a tarefa de estabelecer ou alterar os seus valores, e dessa forma, analisar novas versões do modelo e apoiar o consenso.

Propôs-se uma estrutura sistemática para utilização da Análise de Versões neste trabalho, considerando os parâmetros variáveis, os resultados alternativos e as diferentes

perspectivas a serem observadas na análise. Apresentou-se como são construídas novas versões do modelo no VICA quando das modificações da estrutura de categorias e da análise para a definição dos limiares q_j e p_j do ELECTRE TRI. Mostrou-se, com um exemplo simplificado, como a análise de versões é feita a partir das modificações dos parâmetros λ e G , e como ela pode ajudar na busca de soluções de consenso. Também se descreveu como as concessões ($\alpha_{o \rightarrow p}, \alpha_{p \rightarrow o}$) e as modificações nos pesos podem contribuir para contruir essas soluções.

Concluimos que a Análise de Versões do modelo no VICA busca responder de maneira rápida e visual a questões como:

- a) Os parâmetros selecionados estruturam o modelo dentro de uma lógica compreensível? Como eles afetam o resultado?
- b) A classificação de a_i permanece a mesma em DM_d se altero um determinado parâmetro? Ela sobe ou desce de categoria? E para o resultado do grupo ou para parte do grupo?
- c) O que acontece com as classificações, de maneira geral, quando modifico um determinado parâmetro? Elas ficam mais concentradas em determinadas classes? Em sua maioria, elas sobem ou descem de categoria?
- d) Existem modificações num parâmetro que conduzem a maior número de alternativas em consenso ou que aumentam as divergências?
- e) Quais as modificações de parâmetros que poderiam fazer gerar um resultado de consenso para a_i ou para todo o conjunto A , segundo um par de DM ou para todo o Grupo?

Neste trabalho, a análise de versões do modelo não se trata apenas de um tratamento terminal para a simples verificação da robustez da solução proposta para o problema, ela é mesmo o principal meio da ferramenta para a obtenção da solução final. Pode-se dizer que, de versão em versão, sistematicamente, vai-se configurando uma versão final e uma solução de consenso correspondente.

Parte III - Validação da Proposta

Experimentos Numéricos

Este capítulo trata do desenvolvimento de experimentos numéricos conduzidos com o modelo VICA-ELECTRE TRI. Faz-se uso dos dados de dois casos extraídos da literatura da área, para experimentar a abordagem e a ferramenta proposta. Os principais objetivos dos experimentos são:

- i. Explanar e ilustrar a ferramenta;
- ii. Testar a correção do cálculo, a lógica de funcionamento e os recursos visuais do modelo;
- iii. Verificar a adequação do fluxograma dos procedimentos de uso;
- iv. Identificar melhorias e ajustes possíveis, antes da aplicação ao estudo de caso real.

Além desses objetivos, acredita-se que algumas das proposições do estudo, listadas no quadro 1, podem ser verificadas, ainda que parcialmente e somente sob a ótica do analista/investigador.

O capítulo tem início com a apresentação de um caso tratado em diversos trabalhos na área MCDA (Dimitras *et al.*, 1995; Dias *et al.*, 2000; Melo, 2005; Almeida-Dias, 2010; e Bezerra *et al.* 2014). O caso consiste na classificação de empresas em categorias de risco de falência, segundo 7 critérios.

O segundo experimento refere-se ao estudo desenvolvido por Merad *et al.* (2004) e revisitado em Tervonen *et al.* (2009). Ele dedica-se ao problema da alocação de zonas ou áreas territoriais em categorias de risco de movimentações de solo e desastres potenciais.

6.1 O caso da classificação das empresas

Para demonstrar a aplicação do modelo, selecionou-se um caso conhecido da literatura da área, originalmente apresentado em Dimitras *et al.* (1995), onde 39 empresas foram alocadas em 3 categorias de risco de falência. O caso original foi modificado em Melo (2005) e em Dias *et al.* (2000) que acrescentaram uma empresa (alternativa, a_0 , melhor que todas as outras), passando o problema a ter 40 alternativas e aumentou-se o número de categorias de 3 para 5. Neste trabalho, foi considerada a estrutura modificada do problema, onde introduzimos 4 DMs (com seus respectivos conjuntos de preferência) e, em algumas das análises, valores para v_j (indefinidos no problema modificado). O Apêndice A apresenta os dados do caso referido.

A análise do problema tem como ponto de partida a obtenção de resultados individuais iniciais. Segue-se a visualização partilhada dos desempenhos das alternativas (figura 26). O gráfico, apresenta no eixo y os desempenhos relativos das alternativas em escala de 0 a 1 e no eixo x os critérios de 1 a 7. Ele permite a visão dos desempenhos das alternativas por critério, combinada à visão dos limites das classes, que são representadas pelas áreas sombreadas. Os desempenhos podem ser analisados individualmente ou de forma comparativa, embora para uma visualização mais efetiva, não seja recomendado a ilustração de muitas alternativas numa mesma imagem. O processo para construção desse **gráfico de desempenho** das alternativas foi detalhado na seção 4.5

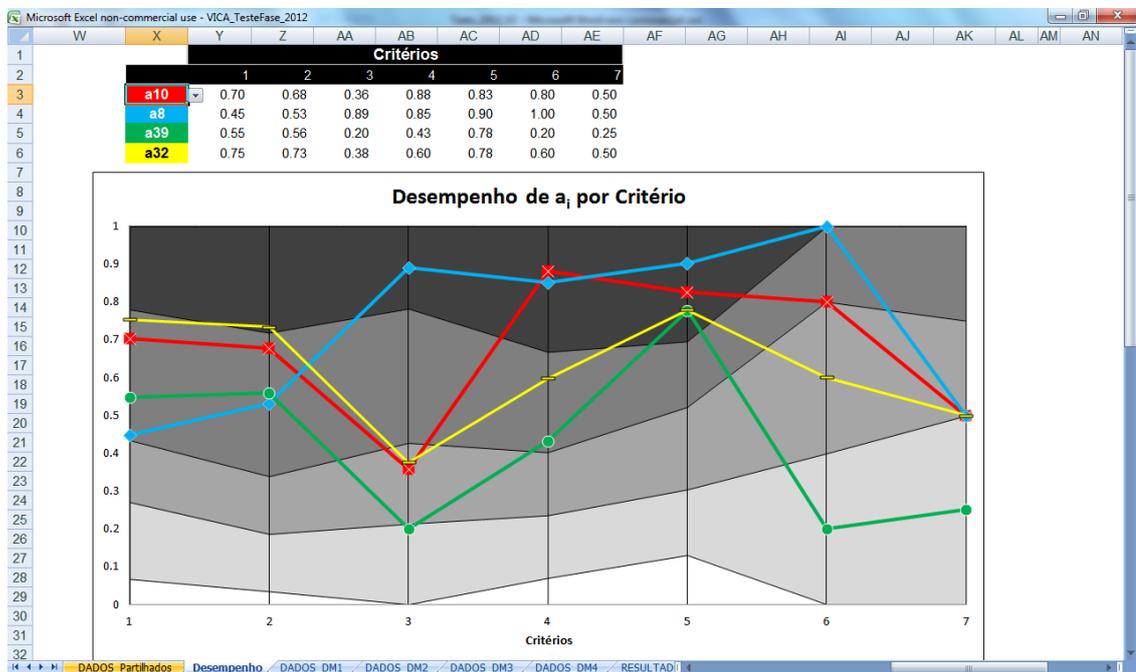
Na figura 26, foram utilizados os dados do exemplo numérico para visualizar os desempenhos de quatro alternativas simultaneamente: a_{10} -linha em vermelho; a_8 -linha em azul; a_{39} -linha em verde; e a_{38} -linha em amarelo. Pode-se ver, por exemplo, que a alternativa a_{39} tem desempenhos relativos inferiores a todas as demais alternativas, em todos os critérios, exceto em g_1 e g_2 . A alternativa a_8 tem desempenhos alocáveis na classe 5 em 4 dos 7 critérios e destaca-se de todas as outras no critério g_6 .

Na **fase a** do processo descrito no fluxograma da figura 17, foram obtidos resultados individuais para $\lambda = 0.6$. Eles são apresentados na figura 27 sob a forma numérica, mas eles também podem ser apresentados sob a forma de configurações visuais. A figura 27 mostra para cada DM uma matriz de alocações das alternativas a_i nas classes K , resultantes de suas preferências e valores de parâmetros. A última coluna apresenta as

alocações onde há consenso para um determinado G , no caso, $G=M$ (unanimidade). Quando não há consenso para o G estabelecido, o modelo sinaliza com o sinal de interrogação. Nas linhas inferiores das colunas de cada DM, vê-se a distribuição estatística das alocações por classe, no caso do grupo- DM_G , observa-se que existe consenso para 45% das alternativas, sendo 38% delas alocadas, por unanimidade na classe 4.

Seguindo o fluxograma geral do processo, investigou-se na **fase b** a existência de uma solução comum a todos (busca pelo G -consenso de partida para o grupo).

Figura 26 - Desempenhos a_i por critério



Através da ferramenta tabela de dados, uma das ferramentas do Excel para “testes de hipóteses” (*What-if analysis*), procuraram-se resultados para a função: número de alternativas em G -consenso, para $G = 4$ combinado com cada elemento do conjunto $L = \{0.5, 0.51, 0.52, \dots, 1\}$ de valores de λ predefinidos.

Figura 27 - Alocações individuais e do grupo para $G = M$ com $\lambda = 0.6$

DM 1		DM 2		DM 3		DM 4		DM G= 4						
a_i	K	a_i	K	a_i	K	a_i	K	a_i	<input type="text"/>					
a 0	5	a 0	5	a 0	5	a 0	5	a 0	5					
a 1	4	a 1	4	a 1	4	a 1	4	a 1	4					
a 2	4	a 2	4	a 2	5	a 2	5	a 2	?					
a 3	5	a 3	5	a 3	4	a 3	4	a 3	?					
a 4	4	a 4	4	a 4	4	a 4	4	a 4	4					
a 5	4	a 5	4	a 5	4	a 5	4	a 5	4					
a 6	5	a 6	5	a 6	4	a 6	5	a 6	?					
a 7	5	a 7	5	a 7	5	a 7	5	a 7	5					
a 8	4	a 8	4	a 8	4	a 8	4	a 8	4					
a 9	5	a 9	5	a 9	4	a 9	4	a 9	?					
a 10	4	a 10	4	a 10	3	a 10	4	a 10	?					
a 11	5	a 11	5	a 11	4	a 11	4	a 11	?					
a 12	4	a 12	4	a 12	4	a 12	4	a 12	4					
a 13	4	a 13	4	a 13	4	a 13	4	a 13	4					
a 14	4	a 14	4	a 14	3	a 14	4	a 14	?					
a 15	4	a 15	4	a 15	4	a 15	4	a 15	4					
a 16	4	a 16	4	a 16	4	a 16	4	a 16	4					
a 17	4	a 17	4	a 17	4	a 17	4	a 17	4					
a 18	4	a 18	4	a 18	4	a 18	4	a 18	4					
a 19	4	a 19	4	a 19	4	a 19	4	a 19	4					
a 20	4	a 20	4	a 20	4	a 20	4	a 20	4					
a 21	4	a 21	4	a 21	3	a 21	3	a 21	?					
a 22	4	a 22	4	a 22	4	a 22	4	a 22	4					
a 23	4	a 23	4	a 23	4	a 23	4	a 23	4					
a 24	3	a 24	3	a 24	3	a 24	3	a 24	3					
a 25	4	a 25	4	a 25	3	a 25	4	a 25	?					
a 26	4	a 26	4	a 26	3	a 26	3	a 26	?					
a 27	4	a 27	4	a 27	3	a 27	4	a 27	?					
a 28	4	a 28	4	a 28	3	a 28	3	a 28	?					
a 29	5	a 29	4	a 29	4	a 29	5	a 29	?					
a 30	4	a 30	4	a 30	4	a 30	4	a 30	4					
a 31	2	a 31	2	a 31	3	a 31	3	a 31	?					
a 32	4	a 32	5	a 32	3	a 32	3	a 32	?					
a 33	4	a 33	4	a 33	3	a 33	4	a 33	?					
a 34	4	a 34	4	a 34	3	a 34	3	a 34	?					
a 35	3	a 35	3	a 35	2	a 35	3	a 35	?					
a 36	4	a 36	4	a 36	3	a 36	4	a 36	?					
a 37	4	a 37	4	a 37	3	a 37	3	a 37	?					
a 38	4	a 38	4	a 38	2	a 38	3	a 38	?					
a 39	4	a 39	4	a 39	2	a 39	3	a 39	?					
K	No	%	K	No	%	K	No	%	K	No	%			
5	7	18%	5	7	18%	5	3	8%	5	5	13%	5	2	5%
4	30	75%	4	30	75%	4	20	50%	4	24	60%	4	15	38%
3	2	5%	3	2	5%	3	14	35%	3	11	28%	3	1	3%
2	1	3%	2	1	3%	2	3	8%	2	0	0%	2	0	0%
1	0	0%	1	0	0%	1	0	0%	1	0	0%	1	0	0%
	40	100%		40	100%		40	100%		40	100%		18	45%

Foi possível verificar, na **fase b**, que não havia para nenhum elemento λ do conjunto L , combinado com $G = 4$, o resultado de número de alternativas em G-consenso igual a 40 (sem consenso para $\forall a_i \in A$ por unanimidade). Nem mesmo com $\lambda = 1$, foi possível obter um resultado de consenso, já que não existiu consenso para a_{28} . A razão para

a divergência em a_{28} é que o DM₃ atribuiu peso zero¹⁰ ao critério 5, onde o desempenho de a_{28} é significativamente inferior. Dessa forma, para o DM₃ $\sigma(a_{28}, b_1) \geq 1$, enquanto para todos os demais $\sigma(a_{28}, b_1) < 1$. Nesse caso, modificações diretas em W^3 ou concessões $\alpha_{3 \rightarrow d}$ poderiam facilitar a obtenção de uma solução unânime.

A figura 28 mostra a matriz utilizada para verificação de G-Consenso entre todos os resultados para $G = 4$ e $\lambda = 0.6$. Essa figura conta e aponta o número de DMs que concordam que a_i é alocável em K . Além disso, a última coluna à esquerda sinaliza as alternativas em G-consenso, a partir da contagem realizada e do valor estabelecido para G .

Vejam os casos da alternativa a_{10} , todos os resultados DM concordam com a alocação de a_{10} pelo menos na categoria 3, entretanto, somente 3 dos 4 DMs a alocariam na categoria 4. Isso significa que há divergência para a alocação da alternativa, conforme sinaliza em vermelho a coluna G-consenso. Vale a pena lembrar que para $G = 3$, ou seja, se não fosse necessário unanimidade, teríamos G-consenso para a alocação de a_{10} na categoria 4.

Não tendo sido encontradas soluções de consenso para $G = 4$, ainda na **fase b** do processo, viu-se através da tabela de dados que, para $G = 3$, havia um subconjunto de valores $L^G \subset L$ com os quais existiam soluções em G-consenso, $L^3 = \{0.84, 0.85, 0.92, 0.94, 0.95, \dots, 1\}$.

O uso dos recursos para construção de cenários do Excel, mostrou, para as combinações de G e λ , as alocações das alternativas em consenso e as divergências. O cenário pode ser visto na figura 45 do Apêndice B.

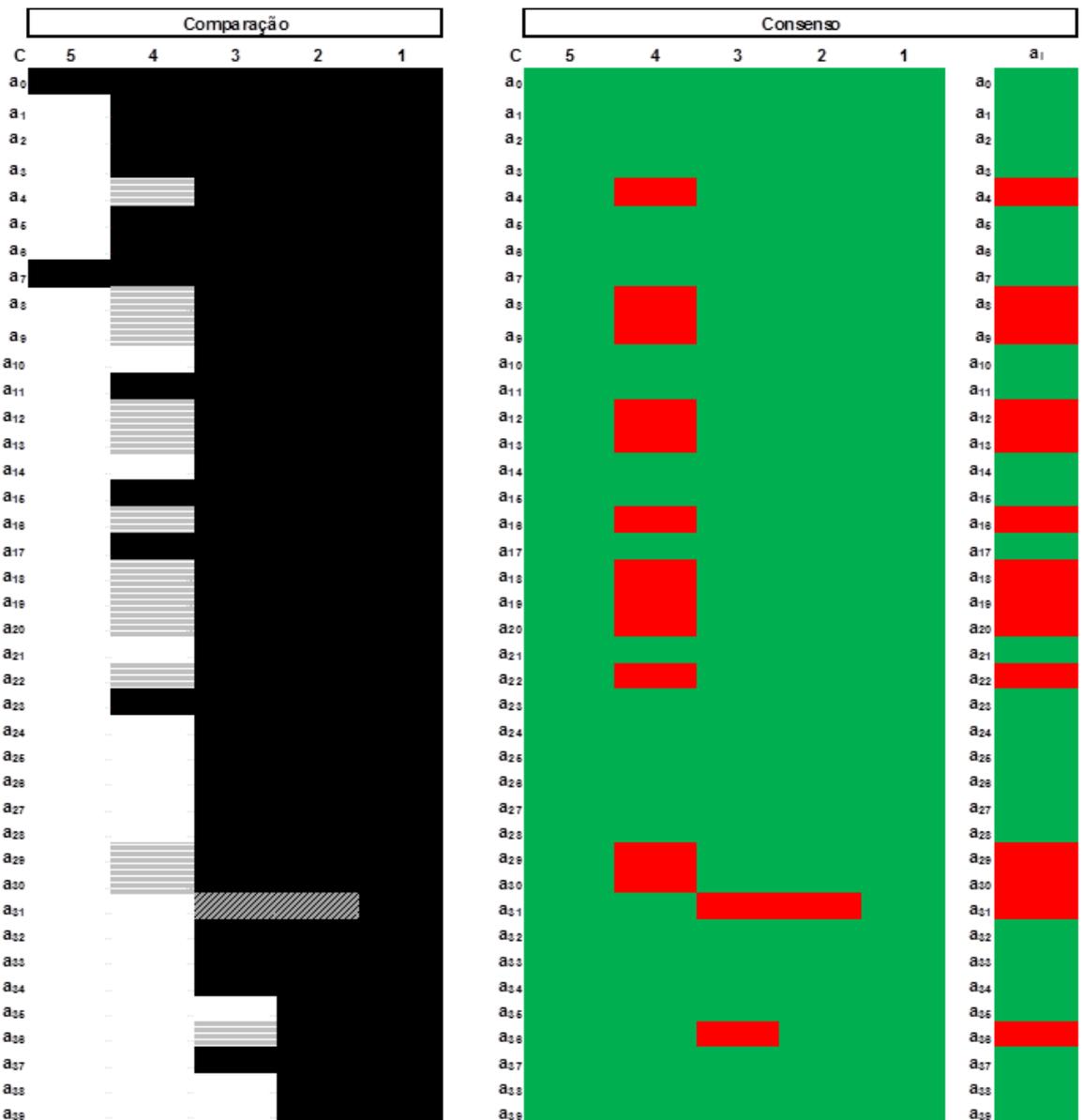
Na **fase c**, a partir da comparação entre os resultados individuais e os do grupo, calcularam-se as revisões necessárias de cada DM para que o grupo pudesse alcançar consenso por unanimidade para todo o conjunto A , considerando diferentes valores de λ .

¹⁰ Verificou-se que se o DM₃ ao invés de atribuir peso zero atribuísse peso 0.001 ao critério 5, haveria solução por unanimidade para $\lambda = 1$. Entretanto, a introdução de veto no critério 5 não é capaz de eliminar a divergência, uma vez que nesse caso $D_5(a_{28}, b_1) = C(a_{28}, b_1) = 1$.

com a alocação de a_i em K , a célula da matriz é sinalizada em preto. Caso apenas um dos DMs concorde com a alocação, a célula é sinalizada com o padrão representativo dos resultados desse DM_d .

Assim, temos em a_{31} , por exemplo, a maior divergência, onde DM_4 aloca a alternativa na categoria 3 e DM_3 a aloca na categoria 1. A segunda matriz da figura apresenta uma configuração representativa do estado de consenso, sinalizando em vermelho os pontos específicos das comparações divergentes.

Figura 29 - Comparação DM_3 e DM_4 para $\lambda = 0.84$



O consenso por unanimidade com $\lambda = 0.84$ pode ser alcançado através de revisões do DM₁ e DM₃. Note-se que, neste caso, as alocações resultantes do DM₂ e DM₄ são iguais às do grupo, portanto, as concessões de DM₁ e DM₃ podem ser feitas tanto em direção ao DM₂ ($\alpha_{1 \rightarrow 2} = 91\%$ e $\alpha_{3 \rightarrow 2} = 72\%$), como em direção ao DM₄ ($\alpha_{1 \rightarrow 4} = 33\%$ e $\alpha_{3 \rightarrow 4} = 89\%$). As tabelas 1 e 2 apresentam as modificações requeridas.

Tabela 1 - Revisões DM₁ com $\lambda = 0.84$

Revisões DM ₁	<i>g</i> ₁	<i>g</i> ₂	<i>g</i> ₃	<i>g</i> ₄	<i>g</i> ₅	<i>g</i> ₆	<i>g</i> ₇
<i>W</i> ¹	15.0%	30.0%	15.0%	15.0%	15.0%	5.0%	5.0%
<i>W</i> ^{1→2}	8.9%	48.4%	8.9%	8.9%	8.9%	8.0%	8.0%
<i>W</i> ^{1→4}	14.8%	24.8%	14.8%	14.8%	14.8%	8.1%	8.1%

Tabela 2 - Revisões DM₃ com $\lambda = 0.84$

Revisões DM ₃	<i>g</i> ₁	<i>g</i> ₂	<i>g</i> ₃	<i>g</i> ₄	<i>g</i> ₅	<i>g</i> ₆	<i>g</i> ₇
<i>W</i> ³	14.3%	14.3%	14.3%	0.0%	0.0%	28.6%	28.5%
<i>W</i> ^{3→2}	10.0%	40.1%	10.0%	6.0%	6.0%	14.0%	14.0%
<i>W</i> ^{3→4}	14.3%	14.3%	14.3%	12.7%	12.7%	15.9%	15.8%

Considere-se agora o consenso por unanimidade com $\lambda = 0.92$. Neste caso, apenas as alocações resultantes de DM₄ são iguais às do grupo, portanto, as concessões dos DM₁, DM₂ e DM₃ podem ser feitas em direção ao DM₄ ($\alpha_{1 \rightarrow 4} = 33\%$; $\alpha_{2 \rightarrow 4} = 53\%$; e $\alpha_{3 \rightarrow 4} = 57\%$). As tabelas 3, 4 e 5 apresentam as modificações.

Tabela 3 - Revisões DM₁ com $\lambda = 0.92$

Revisões DM ₁	<i>g</i> ₁	<i>g</i> ₂	<i>g</i> ₃	<i>g</i> ₄	<i>g</i> ₅	<i>g</i> ₆	<i>g</i> ₇
<i>W</i> ¹	15.0%	30.0%	15.0%	15.0%	15.0%	5.0%	5.0%
<i>W</i> ^{1→4}	14.8%	24.8%	14.8%	14.8%	14.8%	8.1%	8.1%

Tabela 4 - Revisões DM₂ com $\lambda = 0.92$

Revisões DM ₂	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
W^2	8.3%	50.2%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%
$W^{2 \rightarrow 4}$	11.5%	31.2%	11.5%	11.5%	11.5%	11.5%	11.5%

Tabela 5 - Revisões DM₃ com $\lambda = 0.92$

Revisões DM ₃	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
W^3	14.3%	14.3%	14.3%	0.0%	0.0%	28.6%	28.5%
$W^{3 \rightarrow 4}$	14.3%	14.3%	14.3%	8.1%	8.1%	20.4%	20.4%

São suficientes as modificações do DM₃ para o consenso por unanimidade com $\lambda = 1$. Nesse caso, as alocações resultantes de DM₁, DM₂ e DM₄ são iguais às do grupo, portanto, as concessões do DM₃ podem ser feitas para qualquer um dos demais DMs.

A escolha do resultado para o qual as concessões serão efetivamente dirigidas pode ser feita com base na distância entre os vetores W^d . A tabela 6 apresenta as distâncias euclidianas em R^7 calculadas par a par entre os vetores W^d , vê-se que o DM₄ apresenta o vetor de pesos com a distância *Minimax* entre os vetores dos DMs e que se trata do DM com vetor de pesos menos distante, especificamente, para o DM₃. Notes-se que as **distâncias euclidianas entre os vetores** de pesos dos DMs são sempre simétricas.

Tabela 6 - Distância entre os vetores de pesos entre os DMs

	DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄	Distância Máxima
DM ₁	-	0.247	0.425	0.205	0.425
DM ₂	0.247	-	0.482	0.388	0.482
DM ₃	0.425	0.482	-	0.286	0.482
DM ₄	0.205	0.388	0.286	-	0.388
Distância Min-max entre vetores					0.388

A tabela 7 mostra as modificações do DM₃, com $\alpha_{3 \rightarrow 4} = 0.01\%$ e $\lambda = 1$

Tabela 7 - Revisões DM₃ com $\lambda = 1$

Revisões DM ₃	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
W^3	14.3%	14.3%	14.3%	0.0%	0.0%	28.6%	28.5%
$W^{3 \rightarrow 4}$	14.300%	14.300%	14.300%	0.001%	0.001%	28.599%	28.499%

Note-se que, considerada a modificação acima, os limiares de corte 0.96, 0.97, 0.98 e 0.99 também resultam em consenso por unanimidade.

Dependendo do contexto de uso, as modificações apontadas poderiam ser feitas diretamente pelos DMs ou automaticamente, quando viáveis, isto é, desde que resultem em um vetor de pesos cujos componentes estejam todos dentro de limites $[\underline{w}_j^d, \overline{w}_j^d]$ preestabelecidos.

Uma via a ser testada passa por iniciar o processo de apoio ao grupo promovendo, já de início, interações e concessões par a par, até que seja constituída uma coligação maioritária suficiente para uma solução coletiva ou uma solução unânime.

Nesse caso, identificam-se as possíveis concessões mínimas requeridas para $\chi = 1$, as quais podem ser do tipo: bilaterais $(\alpha_{o \rightarrow p}, \alpha_{p \rightarrow o})$; unilateral baseada no DM_o $(0, \alpha_{p \rightarrow o})$; ou unilateral baseada no DM_p $(\alpha_{o \rightarrow p}, 0)$, as soluções obtidas após as concessões podem ser iguais a DM_o, DM_p ou ainda uma solução intermédia DM_{o,p}.

O analista pode visualizar as combinações de concessões entre dois DMs que resultam em consenso $\chi = 1$ para A, como mostra a figura 30. Através da ferramenta tabela combinada à formatação gráfica da variável $\chi = 1$ em verde, pode-se apontar as combinações $(\alpha_{o \rightarrow p}, \alpha_{p \rightarrow o})$ para as quais o número de alternativas em consenso é igual ao total das alternativas.

Criar uma tabela de dados no Excel com duas variáveis de entrada (x,y) e uma fórmula (se igual; então 1), que pode envolver os resultados de várias outras fórmulas, requer alguns cuidados, mas é relativamente simples. É preciso digitar uma lista de valores de entrada para a variável x na mesma linha da célula da fórmula -ao lado dessa célula- e uma lista de valores de entrada para a variável y na mesma coluna da célula da fórmula-

abaixo dessa célula. Depois, basta selecionar todos os intervalos contendo: fórmula, linhas e colunas e solicitar, em teste de hipóteses a opção tabela de dados, seguindo as orientações que se seguem.

Na figura 30 é apresentado o resultado da análise, formatadas em verde, temos as células com valores iguais a 1, esses valores são iguais a 1 se a contagem do número de alternativas em G-consenso for igual ao total de alternativas, se feitas (simuladas) as introduções dos valores das concessões da linha $\alpha_{o \rightarrow p} = \{ 0\%, 2\%, \dots, 98\%, 100\% \}$ e dos valores das concessões da coluna $\alpha_{p \rightarrow o} = \{ 0\%, 2\%, \dots, 98\%, 100\% \}$. Isso significa que, o modelo verifica se a introdução de determinados valores (x,y) para as concessões produzem, na célula mais superior e à esquerda da tabela, o resultado $\chi = 1$, para $\forall a_i \in A$. No caso específico, temos as quatro áreas formatadas em verde, onde as combinações de valores $\alpha_{3 \rightarrow 4}$ e $\alpha_{4 \rightarrow 3}$ com $\lambda = 0.84$ resultam em consenso entre DM_3 e DM_4 .

Figura 30 - Combinações $\alpha_{3 \rightarrow 4}$ e $\alpha_{4 \rightarrow 3}$ e $\lambda = 0.84$ que resultam em consenso



É interessante observar que a concessão unilateral para o consenso requerida do DM_3 para o DM_4 , com $\lambda = 0.84$ seria de 89%, no entanto concessões bilaterais iguais a 12% de DM_3 para DM_4 e 14% de DM_4 para DM_3 também resultam em consenso geral para um outro resultado. Nesse caso um resultado que difere dos resultados originais de ambos os DMs e que, embora de maneira assimétrica, pode-se dizer intermédio em relação aos originais.

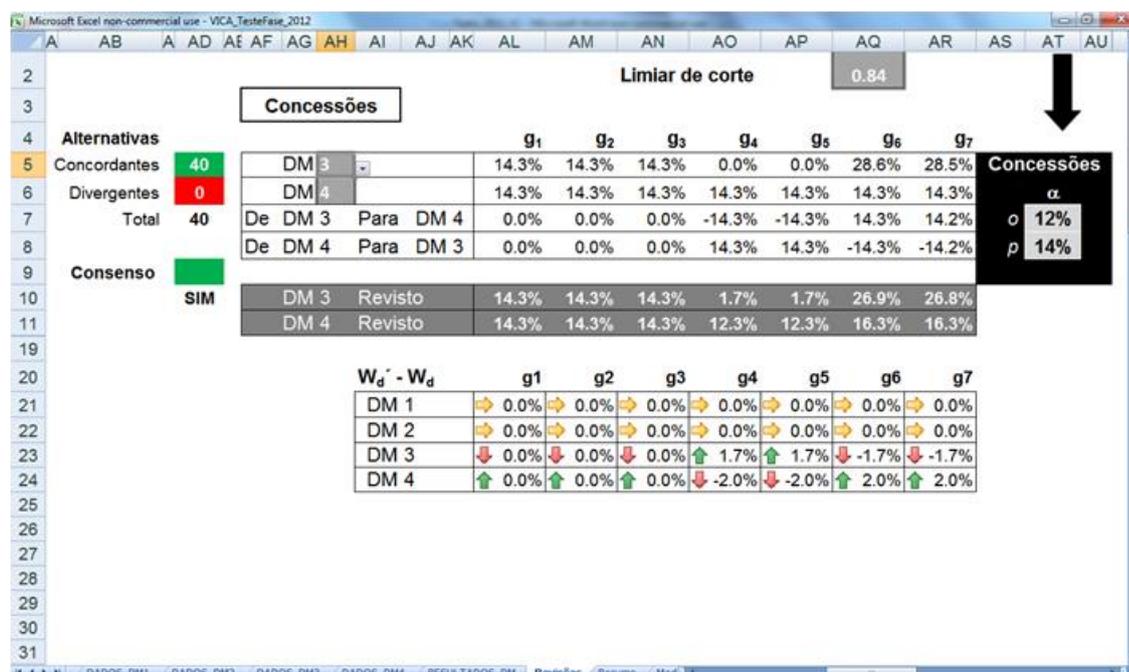
A figura 31 mostra como pode ser feita a introdução dessas concessões bilaterais. Relembrando a seção 4.4.2, seja $W^d = [w_j^d]$ o vetor de coeficientes de importância dos critérios j , segundo o indivíduo d , então as revisões das preferências podem ser feitas sob forma de concessões $\alpha_{o \rightarrow p}$ entre os indivíduos:

$$W^{o \rightarrow p} = W^o - \alpha_{o \rightarrow p}(W^o - W^p), \text{ e}$$

$$W^{p \rightarrow o} = W^p - \alpha_{p \rightarrow o}(W^p - W^o)$$

As concessões $\alpha_{o \rightarrow p} = 12\%$ e $\alpha_{p \rightarrow o} = 14\%$ do exemplo numérico são introduzidas respectivamente nas células AT7 e AT8 da figura 31, e as diferenças $(W^o - W^p)$ e $(W^p - W^o)$ encontram-se no intervalo (AL7:AR8). As concessões produzem os novos conjuntos de pesos listados no intervalo (AL10:AR11) e um novo resultado para o número de alternativas concordantes, célula AD5, que passa a ser 40, igual ao número total de alternativas.

Figura 31 - Concessões bilaterais entre DM₃ e DM₄ para $\lambda = 0.84$



O exemplo numérico também foi utilizado para testar o processo denominado **Vetor G**, ver seção 4.5 denominada “aplicação do modelo: processos possíveis”. Nele considerou-se a existência dos mesmos 4 DMs que estabelecem suas preferências individuais em termos de importância relativa conforme a tabela abaixo:

Tabela 8 - W^d iniciais e W^G calculado

W^d	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
W^1	0.15	0.30	0.15	0.15	0.15	0.05	0.05
W^2	0.08	0.50	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
W^3	0.14	0.14	0.14	-	-	0.29	0.29
W^4	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
W^G	0.13	0.27	0.13	0.09	0.09	0.14	0.14

Nesse caso, obteve-se a importância relativa dos critérios W^G , através do cálculo direto das médias entre esses valores individuais estabelecidos pelo grupo. O vetor W^G gera o resultado do decisor fictício, o qual denomina-se DM_G .

Verificaram-se as concessões unilaterais $\alpha_{d \rightarrow G}$ necessárias para o consenso entre os resultados e as modificações consequentes em termos dos pesos atribuídos aos critérios, as tabelas a seguir apresentam esses dados para $\lambda = 0.65$.

Tabela 9 - De DM_1 para DM_G com $\alpha_{1 \rightarrow G} = 80\%$

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	
W^1	0.15	0.30	0.15	0.15	0.15	0.05	0.05	
$W^{1 \rightarrow G}$	0.13	0.28	0.13	0.11	0.11	0.12	0.12	
Diferença	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	(0.07)	(0.07)	
Distância	0.000	0.001	0.000	0.002	0.0020	0.005	0.005	0.124

Tabela 10 - De DM_2 para DM_G com $\alpha_{2 \rightarrow G} = 78\%$

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	
W^2	0.08	0.50	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
$W^{2 \rightarrow G}$	0.12	0.32	0.12	0.09	0.09	0.13	0.13	
Diferença	(0.04)	0.18	(0.04)	(0.01)	(0.01)	(0.04)	(0.04)	
Distância	0.001	0.032	0.001	0.000	0.0001	0.002	0.002	0.197

Tabela 11 - De DM_3 para DM_G com $\alpha_{3 \rightarrow G} = 94\%$

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	
W^3	0.14	0.14	0.14	-	-	0.29	0.29	
$W^{3 \rightarrow G}$	0.13	0.26	0.13	0.09	0.09	0.15	0.15	
Diferença	0.01	(0.12)	0.01	(0.09)	(0.09)	0.14	0.14	
Distância	0.000	0.015	0.000	0.008	0.0078	0.019	0.019	0.261

Tabela 12 - De DM_4 para DM_G com $\alpha_{4 \rightarrow G} = 82\%$

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	
W^4	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
$W^{4 \rightarrow G}$	0.13	0.25	0.13	0.10	0.10	0.14	0.14	
Diferença	0.01	(0.11)	0.01	0.04	0.04	0.00	0.00	
Distância	0.000	0.011	0.000	0.002	0.0016	0.000	0.000	0.121

Embora os valores $\alpha_{d \rightarrow G}$ possam ser elevados, muitas vezes eles implicam modificações relativamente pequenas nos valores iniciais estabelecidos para as importâncias relativas dos critérios e nas alocações resultantes, por isso acreditamos que devem ser utilizados pelo analista e outros intervenientes, desde que com o devido cuidado.

Os casos do DM_1 e DM_4 ilustram o que se afirma. Embora a concessão $\alpha_{1 \rightarrow G}$ seja de 80% e a concessão $\alpha_{4 \rightarrow G}$ seja de 82% o seu impacto nos pesos, conforme se apresentam nas tabelas 10 e 13 respectivamente, não parece elevado. Seria razoável imaginar que esses DMs poderiam constituir uma coligação em torno do resultado DM_G .

Também em termos de alocações, as modificações são relativamente pequenas para DM₄, já que apenas 3 das 40 alternativas teriam as suas classificações alteradas. Entretanto, o DM₁ modificaria 10 alternativas ou 25% das suas alocações iniciais.

As concessões bilaterais entre DM₂ e DM_G ($\alpha_{2 \rightarrow G} = 12\%$ e $\alpha_{G \rightarrow 2} = 38\%$) resultam em consenso para um resultado intermédio que, se assim constituído, seria suportado por uma coligação de 3 do total 4 DMs. A coligação DM_{1,2,4} poderia então interagir com DM₃ para o consenso por unanimidade.

6.2 O caso das zonas de risco

O segundo experimento numérico escolhido foi o caso originalmente estudado em Merad *et al.* (2004) e reanalisado em Tervonen *et al.* (2009). Trata-se da classificação de 10 zonas de risco em quatro categorias ordenadas de forma decrescente em relação ao nível de risco, de modo que a categoria 4 representa o menor nível de risco (melhor categoria), enquanto a categoria 1 representa o maior nível de risco (pior categoria).

As zonas $a_i \in A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_{10}\}$ localizam-se numa região de 1150 Km² no nordeste de França. Referem-se a áreas onde ocorreram operações de mineração no passado, por essa razão estão sujeitas a movimentações do solo que acarretam riscos de desabamentos. A avaliação das 10 zonas considera 10 critérios, dos quais 9 são a minimizar (quanto maior o valor do desempenho no critério, maior o risco ou pior o desempenho) e 1 é a maximizar (critério 6).

O caso original foi revisitado em Tervonen *et al.* (2009), onde se aplica o SMAA-TRI (*stochastic multicriteria acceptability-TRI*) para analisar a estabilidade de parâmetros do método ELECTRE TRI, especialmente da importância relativa dos critérios e do limiar de corte. Os pesos originalmente utilizados em Merad *et al.* (2004) são considerados como uma média para um intervalo estabelecido a partir de limites inferiores e superiores em torno dos originais. Dessa forma, criou-se um espaço arbitrariamente finito onde se utiliza a simulação Monte Carlo para a obtenção de índices de aceitabilidade que representam a probabilidade da alternativa pertencer a cada categoria.

Os dados originais, bem como os resultados encontrados em ambos estudos foram disponibilizados no Apêndice C.

Neste experimento assumiu-se a existência de 4 DMs cujos pesos $W^d = [w_j^d]$ diferem de tal modo que:

- i. O DM₁ atribui valores à importância relativa dos critérios conforme os dados originais de Merad *et al.* (2004);
- ii. O DM₂ atribui à importância relativa dos critérios valores intermédios em relação aos DM₁ e DM₃;
- iii. O DM₃ atribui valores iguais entre à importância relativa dos critérios;
- iv. O DM₄ atribui valores substancialmente diferentes dos originais em termos de distribuição, no caso original, 2 dos 10 critérios concentram 65% da importância relativa dos critérios.

A tabela 13 apresenta os valores iniciais atribuídos à importância relativa dos critérios por cada DM.

Tabela 13 - Pesos dos critérios segundo cada DM

Critérios										
Pesos	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
w_j^1	11.5%	2%	2%	2%	11.5%	2%	2%	43%	2%	22%
w_j^2	10.8%	6%	6%	6%	10.8%	6%	6%	26%	6%	16%
w_j^3	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
w_j^4	3.25%	14.5%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	3.25%

O experimento tem início com a introdução dos dados de desempenhos e parâmetros do problema estruturado. Um limiar de corte foi arbitrariamente escolhido para a obtenção de resultados iniciais, no caso fez-se $\lambda = 0.65$.

Os resultados iniciais podem ser analisados sob a forma numérica, conforme mostrado na figura 32. Esse formato de apresentação foi detalhado no experimento numérico anterior, mas vale a pena acrescentar que ele é o mais apropriado para a construção de cenários e elaborações de seus sumários, embora sem o apelo estético da configuração visual.

Figura 32 - Resultados individuais iniciais

DM 1			DM 2			DM 3			DM 4		
a_i	K										
a 1	1		a 1	1		a 1	2		a 1	2	
a 2	1		a 2	2		a 2	3		a 2	3	
a 3	2		a 3	3		a 3	3		a 3	3	
a 4	3		a 4	3		a 4	3		a 4	3	
a 5	4		a 5	4		a 5	4		a 5	4	
a 6	1		a 6	2		a 6	3		a 6	3	
a 7	4		a 7	4		a 7	3		a 7	3	
a 8	4		a 8	4		a 8	4		a 8	4	
a 9	1		a 9	2		a 9	2		a 9	2	
a 10	4		a 10	4		a 10	3		a 10	3	
K	No	%									
4	4	40%	4	4	40%	4	2	20%	4	2	20%
3	1	10%	3	2	20%	3	6	60%	3	6	60%
2	1	10%	2	3	30%	2	2	20%	2	2	20%
1	4	40%	1	1	10%	1	0	0%	1	0	0%
	10	100%		10	100%		10	100%		10	100%

Os resultados iniciais também podem ser analisados sob a forma visual, conforme mostrado na figura 33, onde além da visualização das alocações se apontam os índices de credibilidade obtidos nas respectivas matrizes de cada DM. Na verdade, em termos de construção, o formato da figura 33 precede o da figura 32, já que é especialmente útil no processo de verificação do G-consenso e definição das alocações de consenso mostrada no resumo das classificações. Além disso as configurações dos DMs, permitem inspecionar em detalhe os índices de credibilidade gerados em cada comparação, por exemplo, pode-se ver que DM₃ e DM₄, embora tenham diferenças entre seus índices de credibilidade que podem ser significativas, dependendo do limiar de corte, neste caso, apresentam soluções de alocação iguais.

Como primeiro passo do processo de busca pelo G-consenso, estudou-se a matriz $V(a_i, b_h)$. Conforme visto na seção 4.4, existe G-consenso para a alocação de uma alternativa quando não existe divergência, ou seja, se: $V(a_i, b_h) \geq G$ ou $V(a_i, b_h) \leq M - G$, $\forall b_h \in B = \{b_1, b_2, \dots, b_{k-1}\}$. Existe G-consenso para uma solução de grupo se existir G-consenso $\forall a_i \in A$. A seguir apresenta-se a matriz $V(a_i, b_h)$ para o contexto onde $G = 4$ (unanimidade) e $\lambda = 0.65$.

Figura 33 - Índices de credibilidade e resultados

Resultados DMs Iniciais e Revistos

Limiar de Corte **0.65**

DM1	DM2	DM3	DM4
1	2	3	4

Iniciais

C	DM 1 Credibilidade					C	DM 2 Credibilidade					C	DM 3 Credibilidade					C	DM 4 Credibilidade				
	5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
a1		0.49	0.51	0.53	1.00	a1		0.50	0.56	0.62	1.00	a1		0.50	0.60	0.70	1.00	a1		0.39	0.53	0.68	1.00
a2		0.51	0.65	0.55	1.00	a2		0.56	0.62	0.68	1.00	a2		0.60	0.70	0.80	1.00	a2		0.53	0.68	0.82	1.00
a3		0.06	0.65	0.89	1.00	a3		0.18	0.67	0.89	1.00	a3		0.30	0.70	0.90	1.00	a3		0.44	0.79	0.97	1.00
a4		0.28	0.75	0.89	1.00	a4		0.34	0.72	0.89	1.00	a4		0.40	0.70	0.90	1.00	a4		0.47	0.79	0.97	1.00
a5		0.87	1.00	1.00	1.00	a5		0.83	1.00	1.00	1.00	a5		0.80	1.00	1.00	1.00	a5		0.82	1.00	1.00	1.00
a6		0.37	0.53	0.55	1.00	a6		0.36	0.62	0.68	1.00	a6		0.36	0.70	0.80	1.00	a6		0.30	0.68	0.82	1.00
a7		0.73	0.77	0.89	1.00	a7		0.66	0.78	0.89	1.00	a7		0.60	0.80	0.90	1.00	a7		0.65	0.94	0.97	1.00
a8		0.75	0.77	0.89	1.00	a8		0.72	0.78	0.89	1.00	a8		0.70	0.80	0.90	1.00	a8		0.79	0.94	0.97	1.00
a9		0.38	0.38	0.55	1.00	a9		0.39	0.39	0.68	1.00	a9		0.40	0.40	0.80	1.00	a9		0.36	0.36	0.82	1.00
a10		0.73	0.77	0.89	1.00	a10		0.66	0.78	0.89	1.00	a10		0.60	0.80	0.90	1.00	a10		0.65	0.94	0.97	1.00

Uma interpretação prática da figura 34 permite considerar que os valores dentro da matriz contam quantos resultados DM_d suportam a alocação da alternativa-linha, na categoria-coluna. A coluna G-consenso sinaliza em vermelho as alternativas onde não existe G-consenso e em verde o contrário.

Figura 34 - G-consenso para $G = 4$

	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AF	AG	AH
2									
3									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
114									
115									
116									
117									
118									

Na figura 34, vê-se que as alternativas a_4 , a_5 e a_8 estão em G-consenso e percebe-se também que se $G = 3$, mantendo fixo $\lambda = 0.65$, também estariam em G-consenso as

alternativas a_3 e a_9 . Ainda assim, apenas 50% do total de alternativas estaria em G-consenso. Cabe agora verificar se existirá, para algum outro valor de λ , G-consenso para $G = 3$ ou mesmo para a unanimidade. A ferramenta tabela do modelo fornece essa informação, conforme ilustra a figura 35.

Na figura 35 é apresentada uma imagem da inspeção visual e numérica do impacto das combinações (λ, G) sob o número de alternativas em G-consenso. Nesse caso, a tabela de dados teve como valores de entrada: para as linhas, a lista de limiares de corte $L=\{0.5, 0.51, 0.52, \dots, 1\}$ de valores de λ ; para as colunas, a lista de valores ($G = 3$ ou $G = 4$). A fórmula sob análise trata-se da contagem do número de alternativas em G-consenso, inicialmente com resultado igual a 5.

As áreas sinalizadas em verde apontam os resultados onde o número de alternativas em G-consenso é igual ao número total de alternativas, portanto, sinalizam soluções possíveis para o problema da classificação de todo o conjunto A.

É fácil perceber visualmente que para $G=3$ existe um vasto conjunto de valores possíveis atribuíveis a λ que resultam em G-consenso. Os diferentes valores de λ possíveis implicam diferentes soluções possíveis. Nesse caso, vale a pena lembrar que por definição $\lambda \in [0.5,1]$ e que os seus valores quando extremos tendem a produzir classificações também extremadas.

Valores menores para λ favorecem que as alocações sejam feitas em classes mais elevadas. Pode-se dizer que eles diminuem o nível de exigência dos valores dos índices de credibilidade para as alocações. O contrário também se verifica, limiares de corte maiores implicam classificações mais baixas para as ações.

Figura 35 - Número de alternativas em G-consenso para $G = 3$ variando λ

Alternativas		10	
Busca Consenso			
Variação Limiar de Corte e G			
Tabela	G-consenso		
	5	3	4
L i m i a r d e C o r t e	0.500	10	9
	0.505	10	10
	0.510	10	10
	0.515	10	8
	0.520	10	8
	0.525	10	8
	0.530	10	8
	0.535	8	7
	0.540	8	7
	0.545	8	7
	0.550	8	7
	0.555	8	6
	0.560	10	6
	0.565	10	6
	0.570	10	6
	0.575	10	6
	0.580	10	6
	0.585	10	6
	0.590	10	6
	0.595	10	6
	0.600	10	6
	0.605	10	4
	0.610	10	4
	0.615	10	4
	0.620	7	4
	0.625	7	4
	0.630	7	4
	0.635	7	4
	0.640	7	4
	0.645	7	4
	0.650	5	3
	0.655	5	3
	0.660	5	3
	0.665	7	3
0.670	7	3	
0.675	6	3	
0.680	6	3	
0.685	6	3	
0.690	6	3	
0.695	6	3	
0.700	6	3	
0.705	7	2	
0.710	7	2	
0.715	7	2	
0.720	7	2	
0.725	5	2	
0.730	5	2	
0.735	5	4	
0.740	5	4	
0.745	5	4	
0.750	5	4	
0.755	7	4	
0.760	7	4	

Alternativas		10	
Busca Consenso			
Variação Limiar de Corte e G			
Tabela	G-consenso		
	5	3	4
L i m i a r d e C o r t e	0.765	7	4
	0.770	7	4
	0.775	7	2
	0.780	7	2
	0.785	4	2
	0.790	4	2
	0.795	4	4
	0.800	4	4
	0.805	10	3
	0.810	10	3
	0.815	10	3
	0.820	10	3
	0.825	9	6
	0.830	9	6
	0.835	10	6
	0.840	10	6
	0.845	10	6
	0.850	10	6
	0.855	10	6
	0.860	10	6
	0.865	10	6
	0.870	10	7
	0.875	10	7
	0.880	10	7
	0.885	10	7
	0.890	10	5
	0.895	5	5
	0.900	5	5
	0.905	10	5
	0.910	10	5
	0.915	10	5
	0.920	10	5
	0.925	10	5
	0.930	10	5
0.935	10	5	
0.940	10	5	
0.945	10	5	
0.950	10	5	
0.955	10	5	
0.960	10	5	
0.965	10	5	
0.970	10	10	
0.975	10	10	
0.980	10	10	
0.985	10	10	
0.990	10	10	
0.995	10	10	
1.000	10	10	

No caso em estudo, pode-se comparar, na tabela 14 as soluções em G-consenso para $G = 3$ com $\lambda = 0.53$ e com $\lambda = 0.97$.

Tabela 14 - Alocações para valores extremos de λ

Categoria										
λ	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}
0.53	3	4	3	3	4	3	4	4	2	4
0.97	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1

Vê-se que, neste caso específico, é muito importante estabelecer um limiar de corte mediano, imagina-se que foi por essa razão que tanto Merad *et al.* (2004) quanto Tervonen *et al.* (2009) limitaram as suas análises ao intervalo $\lambda \in [0.65, 0.85]$.

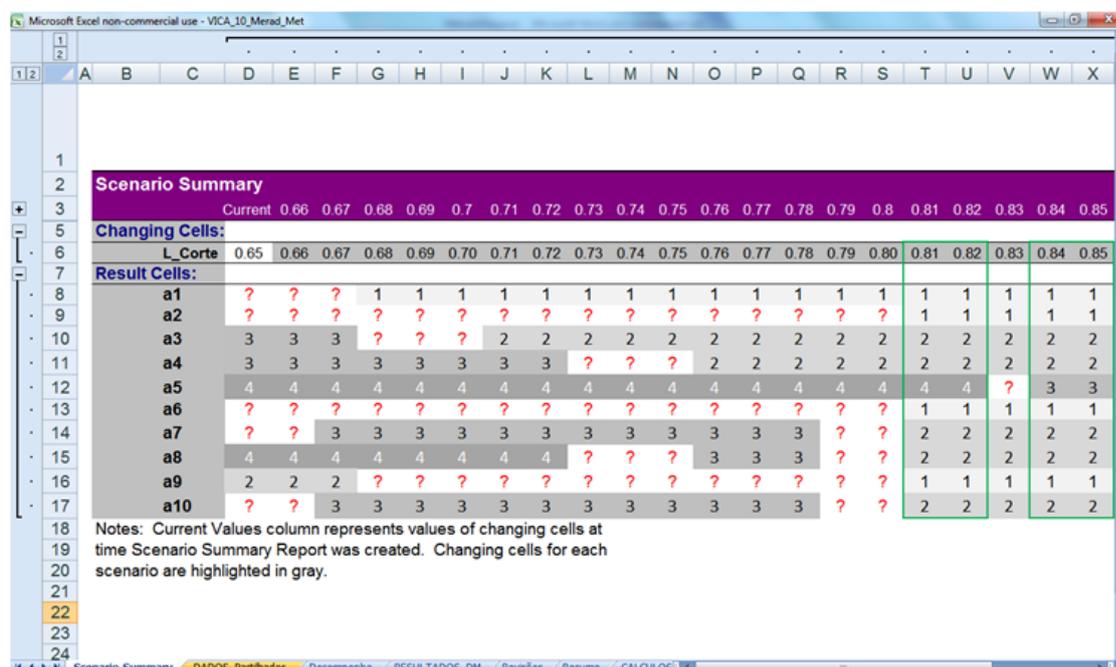
Neste trabalho isso é ainda mais importante, já que os pesos atribuídos aos critérios sofrem grandes variações, em função das diferentes preferências estabelecidas pelos 4 DMs fictícios, enquanto nos referidos trabalhos os pesos ou eram fixos, como em Merad *et al.* (2004), ou tinham limites inferiores e superiores, como em Tervonen *et al.* (2009).

Por essas razões, decidimos investigar as soluções em G-consenso para $G = 3$ e um conjunto $L = \{0.65, 0.66, 0.67, \dots, 0.85\}$ discreto de $\lambda \in [0.65, 0.85]$, utilizando a ferramenta para a construção de cenários.

Determinaram-se, como resultados dos cenários, as alocações obtidas na matriz $V(a_i, b_h)$ para o G-consenso e como variável apenas o limiar de corte. A figura 36 apresenta os resultados obtidos automaticamente após a introdução dos dados requeridos.

Repare-se que se indica com um sinal de ‘?’ as alocações indefinidas por situação de divergências e com o número correspondente a classe de consenso quando este é alcançado. Soluções em G-consenso para todas as alternativas foram verificadas num subconjunto de valores $L^G \subset L$ com os quais existiam soluções em G-consenso, $L^3 = \{0.81, 0.82, 0.84, 0.85\}$, sendo que aos dois primeiros elementos do conjunto corresponde uma solução, enquanto os outros dois elementos geram uma solução diferente.

Figura 36 - Análise de cenários



As soluções geradas por L^3 são coerentes com os resultados de Tervonen *et al.* (2009). A análise de cenários reforça a sua posição sobre a importância de uma análise de sensibilidade mais ampla em relação aos pesos dos critérios.

Apesar de não ser exatamente o foco deste estudo, a nossa análise também verifica que a alocação de a_{10} na categoria de menor risco, como no estudo original, não seria estável. Tervonen *et al.* (2009: 241) afirmam: “[...] considering the imprecision on the weights, the assignment of the zone is unstable”. A alocação da zona a_{10} na categoria mais segura é fortemente influenciada pelo grande peso atribuído ao critério 8 (43%), como se vê na figura 37, onde se comparam os seus desempenhos com os de a_5 , alocada na melhor categoria com probabilidades mais elevadas.

A figura 37 traz a imagem do gráfico de desempenho das alternativas no VICA ELECTRE TRI, o gráfico nela contido mostra as áreas sombreadas que representam as classes, da classe 1 (pior) mais clara e na parte inferior, até a melhor (classe 4) mais escura e na parte superior. Os limites entre as áreas são definidos pelos desempenhos relativos dos perfis b_h . Sobrepõem-se às áreas os desempenhos relativos das alternativas a_5 , ligados pela linha vermelha, e das alternativas a_{10} ligados pela linha amarela. Nota-se que a alternativa

a_5 , diferentemente de a_{10} , apresenta desempenhos por critério consistentemente posicionados nas classes 3 e 4.

Em nosso caso, considerando a existência de DMs divergentes que atribuíram pesos significativamente inferiores ao critério 8 os resultados de G-consenso apontam para uma alocação de a_{10} em classes menos elevadas.

Figura 37 - Desempenhos relativos de a_i por critério



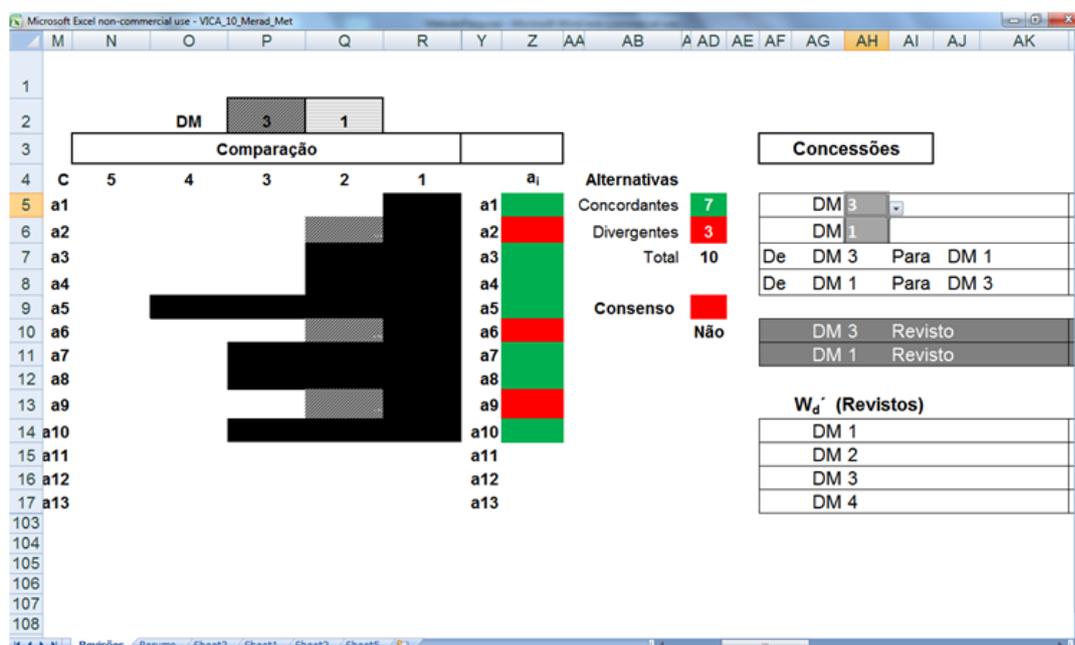
Analisando as soluções em G-consenso para $G = 3$ e os cenários contruídos para as variações λ , é bem possível que o grupo já pudesse optar por uma solução em G-consenso ou prosseguir na busca de um resultado unânime com modificações mínimas das suas preferências.

Consideremos o caso em que os DMs desejam investigar como poderiam chegar a uma solução de consenso para $\lambda = 0.76$, para uma classificação um pouco menos rigorosa. Na análise de cenários, figura 36, vê-se que existem apenas 3 alternativas em divergência- a_2 , a_6 e a_9 que estariam entre as categorias 1 e 2, o nível de complexidade da decisão já teria sido bastante reduzido pelo modelo e o grupo poderia até mesmo decidir sem estender

o estudo. No entanto, desejamos verificar como a unanimidade poderia ser atingida através das concessões ou modificações de parâmetros inicialmente estabelecidos.

A figura 38 ilustra como foram feitas as comparações visuais dois a dois no VICA. Nesse caso, temos a comparação entre os resultados DM_3 e DM_1 , para o limiar de corte fixado em 0.76. Vê-se que há divergência para a alocação de a_2 , com DM_3 alocando-a na classe 2 e o DM_1 na classe 1, o mesmo acontece com as zonas a_6 e a_9 . As 7 outras alternativas estão em consenso, mas não há consenso total. O mesmo tipo de comparação é feita entre outros DMs, bastando selecionar as opções dos DMs que se quer comparar no espaço para análise de concessões à direita da figura 38, células AH5 e AH6.

Figura 38 - Comparação dos resultados DM_3 e DM_1



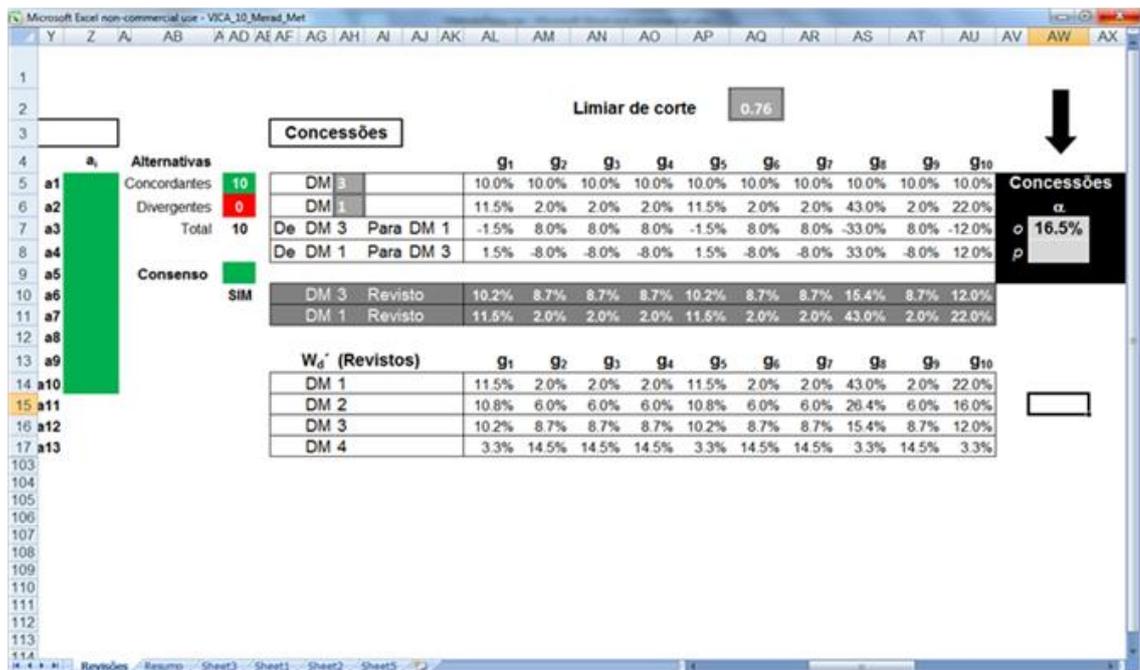
Comparando dois a dois e visualmente os resultados dos DMs para o limiar de corte fixado em 0.76, verifica-se que os resultados dos DM_1 e DM_2 são iguais e que DM_3 e DM_4 diferem entre si, portanto temos 3 resultados diferentes. Um resultado unânime poderia então ser obtido através de concessões dos DM_3 e DM_4 para os DM_1 ou DM_2 .

O próximo passo seria então investigar quais as concessões que precisariam ser feitas e quais as suas implicações em termos de modificações nas preferências das

importâncias relativas dos DMs. Para isso recorre-se a análise *What if* novamente, desta vez usando a ferramenta tabela para visualizar os valores atribuíveis a $\alpha_{o \rightarrow p}$ que resultam em consenso para o conjunto de alternativas.

Primeiramente, analisou-se o caso do DM₃ tendo como base o resultado DM₁ = DM₂. A concessão mínima $\alpha_{3 \rightarrow 1}$ para o consenso, considerando $\alpha_{1 \rightarrow 3} = 0$ e $\lambda = 0.76$ seria de aproximadamente 16.5%. A concessão pode ser introduzida no modelo conforme apresenta a figura 39, onde as modificações da situação de consenso e as implicações nas modificações dos pesos são vistas imediatamente.

Figura 39 - Introdução de concessões



A figura 39 mostra que a concessão $\alpha_{3 \rightarrow 1} = 16.5\%$ introduzida em AW7, foi aplicada sobre a diferença entre os pesos W^3 e W^1 , apresentada no intervalo de células (AL7:AU7). A concessão gera uma redução da diferença, com um novo conjunto de pesos $W^{3 \rightarrow 1}$, pesos **DM₃ revistos** em direção ao DM₁, apresentado no intervalo (AL10:AU10) e uma nova situação em termos de contagem de alternativas em G-consenso em AD5.

O mesmo procedimento descrito acima foi realizado para analisar as concessões e modificações entre os outros pares de interesse da análise: DM₃ e DM₂; DM₄ e DM₁; e

para DM₄ e DM₂. As tabelas 15 e 16 mostram os resultados obtidos em termos de concessões $\alpha_{0 \rightarrow p}$ e de modificações $W^{o \rightarrow p}$.

Tabela 15 - Revisões DM₃ com $\alpha_{3 \rightarrow 1} = 16.5\%$ e $\lambda = 0.76$

Revisões										
DM ₃	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
W^3	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
$W^{3 \rightarrow 1}$	10.2%	8.7%	8.7%	8.7%	10.2%	8.7%	8.7%	15.4%	8.7%	12%

As modificações do vetor de pesos do DM₃ podem se dizer pequenas, tanto em direção ao DM₁ e como em direção ao DM₂, em ambos os casos a alteração mais significativa seria a atribuição de um pouco mais de peso aos critérios 8 e 10, em detrimento dos demais.

Tabela 16 - Revisões DM₃ com $\alpha_{3 \rightarrow 2} = 32.5\%$ e $\lambda = 0.76$

Revisões										
DM ₃	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
W^3	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
$W^{3 \rightarrow 2}$	10.3%	8.7%	8.7%	8.7%	10.3%	8.7%	8.7%	15.3%	8.7%	12%

Já as modificações requeridas do DM₄ são relativamente grandes, especialmente as realizadas em direção ao DM₁. Uma vez que o resultado obtido é o mesmo, parece mais razoável propor ao DM₄ as modificações requeridas em $W^{4 \rightarrow 2}$, cuja distância é menor em relação a W^4 , conforme mostram as tabelas 17 e 18.

Poderia apontar-se que uma modificação tão significativa não seria aceita pelo DM₄ numa situação real, mas deve-se ressaltar que, também dificilmente numa situação real, teríamos um DM₄ com um vetor de preferência tão diferente dos demais DMs em termos da importância relativa dos critérios.

Tabela 17 - Revisões DM₄ com $\alpha_{4 \rightarrow 1} = 75.5\%$ e $\lambda = 0.76$

Revisões										
DM ₄	<i>g</i> ₁	<i>g</i> ₂	<i>g</i> ₃	<i>g</i> ₄	<i>g</i> ₅	<i>g</i> ₆	<i>g</i> ₇	<i>g</i> ₈	<i>g</i> ₉	<i>g</i> ₁₀
<i>W</i> ⁴	3.25%	14.5%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	3.25%
<i>W</i> ^{4→1}	9.5%	5.1%	5.1%	5.1%	9.5%	5.1%	5.1%	33.3%	5.1%	17.4%

Tabela 18 - Revisões DM₄ com $\alpha_{4 \rightarrow 2} = 45.5\%$ e $\lambda = 0.76$

Revisões										
DM ₄	<i>g</i> ₁	<i>g</i> ₂	<i>g</i> ₃	<i>g</i> ₄	<i>g</i> ₅	<i>g</i> ₆	<i>g</i> ₇	<i>g</i> ₈	<i>g</i> ₉	<i>g</i> ₁₀
<i>W</i> ⁴	3.25%	14.5%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	3.25%
<i>W</i> ^{4→2}	6.7%	10.6%	10.6%	10.6%	6.7%	10.6%	10.6%	13.8%	10.6%	9.1%

Se os DM₃ e DM₄ concordassem com as modificações calculadas, então o resultado de consenso seria igual aos resultados iniciais de DM₁ e DM₂, como descrito na tabela 19.

Tabela 19 - Um possível resultado de consenso

Categoria										
$\lambda = 0.76$	<i>a</i> ₁	<i>a</i> ₂	<i>a</i> ₃	<i>a</i> ₄	<i>a</i> ₅	<i>a</i> ₆	<i>a</i> ₇	<i>a</i> ₈	<i>a</i> ₉	<i>a</i> ₁₀
<i>K</i>	1	1	2	2	4	1	3	3	1	3

A escolha do resultado para o qual as concessões serão efetivamente dirigidas pode ser feita com base na distância entre os vetores *W*^{*d*}. A tabela 20 apresenta as distâncias euclidianas em R¹⁰ calculadas par a par entre os vetores *W*^{*d*}. Vê-se que o DM₂ apresenta o vetor de pesos com a distância *Minimax* entre os vetores dos DMs. Consequentemente, seguindo o processo de busca e concessões para a solução DM mais próxima, teríamos o mesmo resultado de consenso obtido através do processo anterior.

Tabela 20 - Distância euclidiana entre os vetores

	DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄	Max
DM ₁	-	0.04	0.16	0.30	0.30
DM ₂	0.04	-	0.04	0.12	0.12
DM ₃	0.16	0.04	-	0.03	0.16
DM ₄	0.30	0.12	0.03	-	0.30

Ainda foi analisado o processo do vetor G para os dados do problema, nesse caso obteve-se a importância relativa dos critérios W^G , através do cálculo direto das médias entre esses valores individuais estabelecidos. O vetor W^G também gerou um resultado $DM_G = DM_1 = DM_2$.

Imaginemos que o DM_3 aceite as modificações sugeridas, mas que DM_4 não se veja representado na solução coletiva. A situação pode ser interpretada como existindo uma coligação $DM_{1,2,3}$ que apoia uma solução e DM_4 que aponta para outro resultado.

O grupo pode decidir verificar a existência de uma solução intermédia, que contemple de maneira mais satisfatória os pontos de vista do DM_4 , e analisar as suas características em termos de pesos e alocações, para então decidir por um resultado final. Tendo em vista que DM_2 é a solução mais próxima entre os DMs, ela seria uma boa candidata para representar a posição da coligação numa nova análise de concessões com o DM_4 .

Uma solução intermédia e diferente de DM_2 e DM_4 iniciais, mantido o limiar de corte 0.76, pode ser obtida com concessões combinadas $\alpha_{2 \rightarrow 4} = 55\%$ e $\alpha_{4 \rightarrow 2} = 43\%$. Feitas em simultâneo, as concessões produzem uma solução que elimina a divergência em 6 alternativas, alocando 4 delas segundo o resultado DM_2 e as outras 2 segundo o resultado DM_4 inicial. A tabela 21 mostra as alocações iniciais de DM_2 e DM_4 e o resultado $DM_{2,4}$ obtido após as concessões combinadas. As alocações em $DM_{2,4}$ estão sinalizadas em branco quando não havia divergência inicial, em sombreado mais claro quando o resultado é igual ao de DM_2 inicial e sombreado mais escuro quando o resultado é igual ao de DM_4 inicial.

Tabela 21 - Alocação resultante das concessões combinadas

Alternativas										
Categoria	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
Alocações K do DM ₂	1	1	2	2	4	1	3	3	1	3
Alocações K do DM ₄	1	2	3	3	4	2	3	4	2	3
Alocações K do DM _{2,4}	1	1	2	3	4	1	3	4	1	3

O resultado DM_{2,4} é produzido por modificações de pesos decorrentes das concessões combinadas $\alpha_{2 \rightarrow 4} = 55\%$ e $\alpha_{4 \rightarrow 2} = 43\%$ que podem ser vistas nas tabelas 22 e 23.

Tabela 22 - Revisões DM₄

Revisões										
DM ₄	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
W^4	3.25%	14.5%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	3.25%
$W^{4 \rightarrow 2}$	6.5%	10.8%	10.8%	10.8%	6.5%	10.8%	10.8%	13.2%	10.8%	8.7%

Tabela 23 - Revisões DM₂

Revisões										
DM ₂	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
W^2	10.8%	6%	6%	6%	10.8%	6%	6%	26%	6%	16%
$W^{2 \rightarrow 4}$	6.6%	10.7%	10.7%	10.7%	6.6%	10.7%	10.7%	13.7%	10.7%	9%

6.2.1 Novas versões do modelo: introduzindo v_j

O experimento segue agora no sentido de analisar novas versões do modelo e seus respectivos impactos na construção de consenso. Iniciamos a análise com a introdução do veto, partindo da situação estudada anteriormente, onde $\lambda = 0.76$ e $G = 3$, e onde as importâncias relativas dos critérios mantêm os valores iniciais.

Como visto no modelo anterior, nessa situação, não existia uma solução G-consenso, uma vez que existiam 3 alternativas em divergência, a_2 , a_6 e a_9 , entre as categorias 1 e 2. Verificando os desempenhos das alternativas divergentes, percebemos dois critérios, 6 e 7, onde todas as 3 alternativas apresentam desempenhos fracos. Escolhemos estes critérios para a introdução de veto e estabelecemos os valores $v_6= 30$ e $v_7= 0.3$ coerentes com os limiares de indiferença e preferência (q_j e p_j) do modelo.

Imediatamente após a introdução dos vetos, uma nova versão do modelo se verifica. Imediatamente, observando a ferramenta tabela para combinações de λ e G, vê-se que há um significativo e generalizado aumento do número de alternativas em G-consenso.

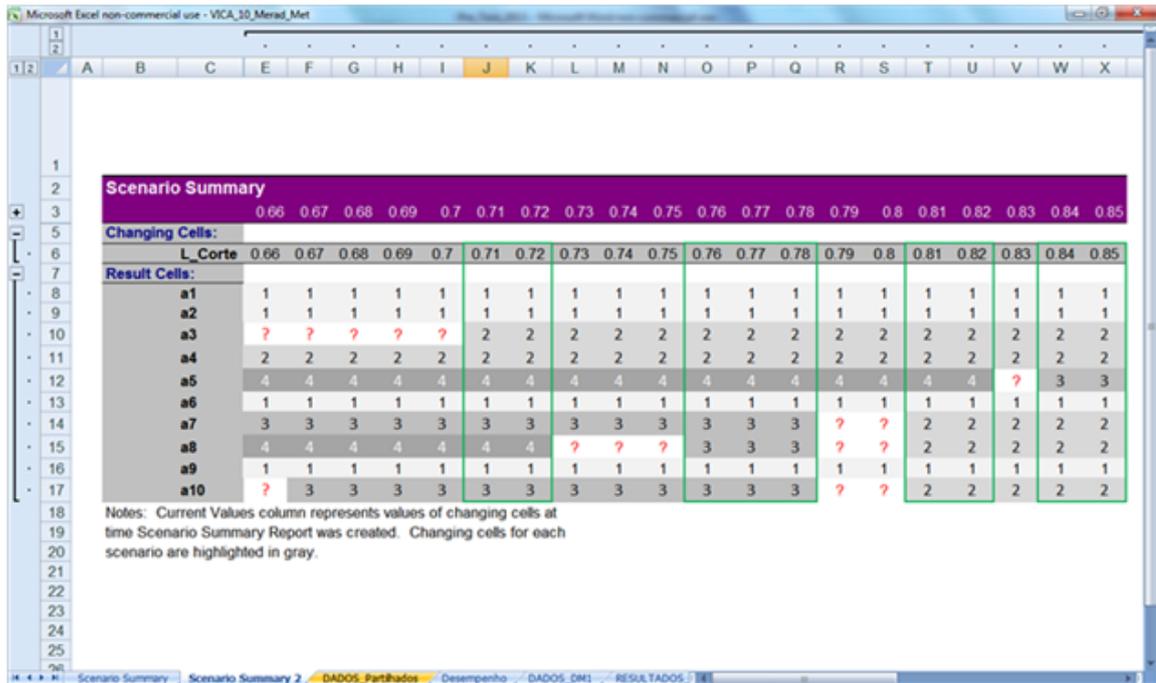
Na figura 40, a análise de cenários mostra na linha superior os valores de limiares de corte introduzidos na análise e, na parte interna da matriz, as alocações resultantes para as alternativas, listadas na primeira coluna. As diferentes soluções em G-consenso para o conjunto completo das alternativas, com $G = 3$ e $\lambda \in [0.65, 0.85]$, aparecem sinalizadas com contorno em linha verde.

Dentre essas soluções, vê-se a situação de partida com $\lambda = 0.76$ e também uma nova solução com $L^3 = \{0.71, 0.72\}$, com as alocações: a_1, a_2, a_6 e a_9 na categoria 1; a_3, a_4 na categoria 2; a_7, a_{10} na categoria 3; e a_5, a_8 na categoria 4. Note-se que a diferença entre as alocações da solução com $\lambda = 0.76$ e com $\lambda = 0.71$, limita-se apenas à alternativa a_8 , alocada na categoria 4, quando com o $\lambda = 0.76$ e na categoria 3, quando com $\lambda = 0.71$, por exemplo. Isso significa que a introdução do veto eliminou as divergências em a_2, a_6 e a_9 , entre as categorias 1 e 2, colocando-as todas na categoria 1.

No entanto, para $G = 4$ verificou-se aumento do número de alternativas em G-consenso, mas ainda não se vê soluções em G-consenso para o conjunto A com o intervalo de desejado $\lambda \in [0.65, 0.85]$. Portanto, partindo de $G = 4$ e $\lambda = 0.76$, focamos a análise nas concessões possíveis para o consenso por unanimidade.

Nessa situação existem apenas 2 alternativas em divergência a_3 e a_8 . Todos os DMs alocam a_3 na categoria 2, com exceção do DM₄ que a coloca na categoria 3. Também para a alocação de a_8 , o DM₄ difere dos demais, alocando-a na categoria 4, enquanto os outros a colocam na categoria 3. Então, para o consenso, é preciso verificar as concessões $\alpha_{0 \rightarrow p}$ e as modificações $W^{0 \rightarrow p}$ possíveis entre o DM₄ e a coligação DM_{1,2,3}.

Figura 40 - Análise de cenários para o novo modelo



Verificamos as concessões combinadas para uma solução intermédia, tendo o DM₂ como representante da coligação maioritária. O resultado DM_{2,4} é produzido por modificações de pesos decorrentes das concessões combinadas $\alpha_{2 \rightarrow 4} = 55\%$ e $\alpha_{4 \rightarrow 2} = 25.5\%$, cujas modificações resultantes podem ser vistas nas tabelas 24 e 25. Note-se que, o modelo com veto requer o mesmo valor $\alpha_{2 \rightarrow 4}$ do modelo anterior, mas uma menor concessão $\alpha_{4 \rightarrow 2}$ para o consenso entre DM₂ e DM₄ (antes $\alpha_{4 \rightarrow 2} = 43\%$). A tabela 24 apresenta as modificações no vetor de pesos de DM₄ necessárias no novo modelo.

Tabela 24 - Revisões DM₄ para o modelo com v_j

Revisões										
DM ₄	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
W^4	3.25%	14.5%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	3.25%
$W^{4 \rightarrow 2}$	5.18%	12.3%	12.3%	12.3%	5.18%	12.3%	12.3%	9.15%	12.3%	6.5%

A tabela 25 mostra as alocações de consenso após as concessões combinadas. Vale a pena notar que a divergência em a_3 é resolvida com a alocação da alternativa conforme o resultado inicial DM_2 , enquanto no caso de a_8 , a alocação é feita conforme DM_4 original.

Tabela 25 - Resultados com v_j após concessões combinadas

Alternativas										
Categoria	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
Alocações K do DM_2	1	1	2	2	4	1	3	3	1	3
Alocações K do DM_4	1	1	3	2	4	1	3	4	1	3
Alocações K do $DM_{2,4}$	1	1	2	2	4	1	3	4	1	3

Como esperado, a introdução do veto partilhado facilitou a obtenção de soluções de consenso. Ela imprimiu maior rigor à classificação geral, especialmente às de DM_4 , fazendo aproximar os resultados das alocações, e fazendo diminuir a necessidade de concessões.

6.2.2 Novas versões do modelo: modificando os perfis b_h

Experimentar novas versões do modelo também envolve considerar formas alternativas para definir seus parâmetros estruturantes. Dos mais importantes para o ELECTRE TRI são os perfis das classes. Acreditamos que eles podem ser definidos com a ajuda da análise dos percentis dos dados de desempenho das alternativas.

Partindo dessa premissa, para redefinir os valores originais estabelecidos em Merad et al. (2004), estabelecemos os percentis 20, 50 e 80, respectivamente para os perfis b_3 , b_2 e b_1 dos critérios a minimizar e, b_1 , b_2 e b_3 dos critérios a maximizar. No Excel, a função percentil torna fácil e rápida a obtenção desses valores.

Os resultados das modificações puderam ser visualizados imediatamente no gráfico de desempenhos, onde as áreas das categorias de 4 a 1 são representadas em tons do mais escuro para o mais claro. A primeira, figura 41, mostra as representações das categorias originais. A segunda, figura 42, mostra as representações modificadas após estabelecidos os novos valores b_h da tabela 26.

Figura 41 - Representação visual das categorias originais

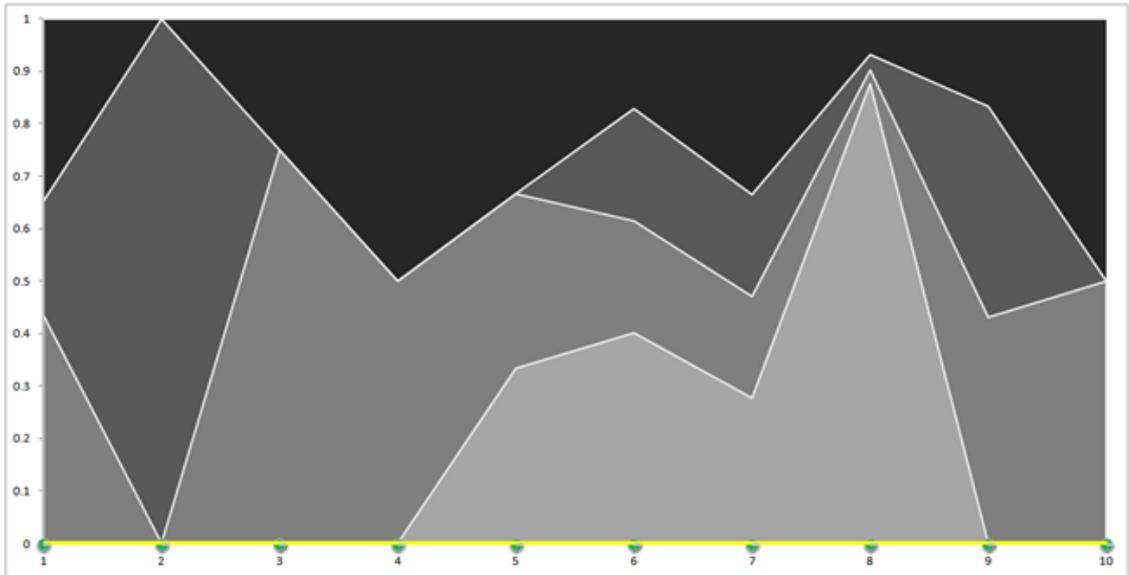
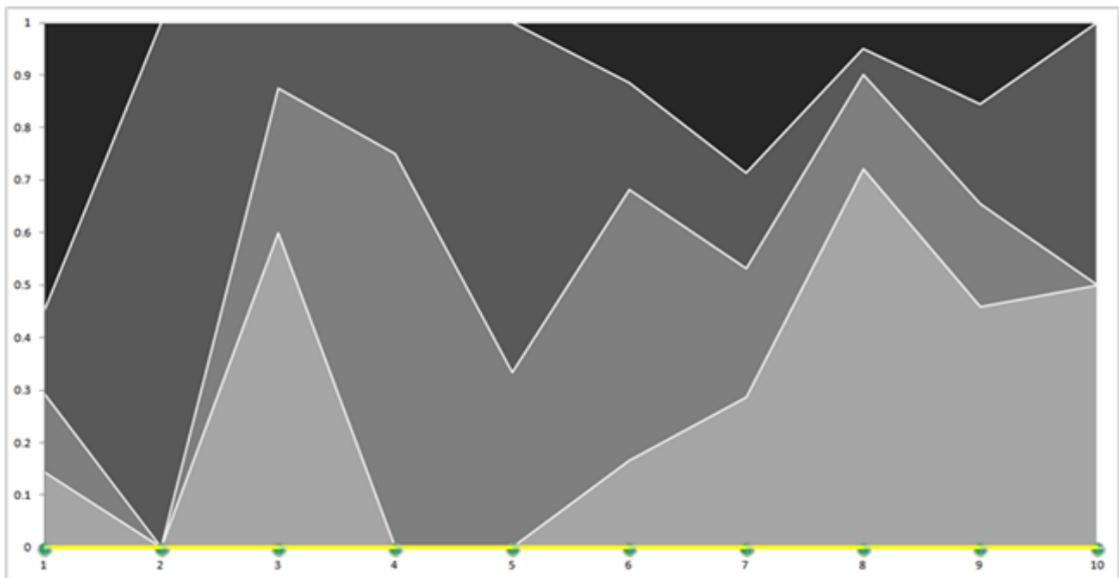


Figura 42 - Nova representação visual das categorias



Verifica-se que os limites entre as classes ficam mais visíveis e uniformes, embora não equidistantes. Expandem-se algumas categorias, como a categoria 3, enquanto outras retraem-se, como a categoria 4.

Tabela 26 - Valores b_h com base em percentis

Perfis			
Critérios	b_3	b_2	b_1
g_1	8	10.1	11.22
g_2	0	10	10
g_3	0	5	16
g_4	0	5	20
g_5	0	20	30
g_6	200.6	162.5	66
g_7	0.9	1.27	1.78
g_8	0.51	0.83	2.02
g_9	2.36	5	7.72
g_{10}	10	20	20

Quanto aos resultados das alocações, tomando por base o resultado do DM₂ para $\lambda = 0.76$, com pesos e demais limiares originais, a modificação dos perfis provocou alterações significativas, já que 6 das 10 alocações foram alteradas. As alternativas a_2 , e a_9 sobem de categoria, deixando a categoria 1 e indo para a categoria 2. Já as alternativas a_5 , a_7 , a_8 e a_{10} descem de categoria, inicialmente na categoria 4, a_5 passa para a categoria 3, enquanto a_7 , a_8 e a_{10} saem da categoria 3 para 2. Observando os outros DMs, vê-se muitas alterações em ambos os sentidos, e, de modo geral, o que é possível verificar é uma diminuição das alocações nas classes mais extremas (1 e 4).

6.2.3 Novas versões do modelo: modificando q_j e p_j

Os dados originais do caso das zonas de risco, conforme apresentados no Apêndice B, incluem valores q_j e p_j somente para 5 dos 10 critérios, devido a escala das medidas de desempenho usadas por alguns critérios. Assim, nosso experimento consistiu em analisar modificações apenas nos parâmetros já existentes.

Inicialmente eliminamos o efeito dos limiares de indiferença e preferência atribuindo o valor zero a todos os parâmetros. Verificou-se que, com $\lambda = 0.76$ não houve mudanças nas alocações dos DMs, exceto em DM₄, cujas alocações de 3 alternativas desceram uma categoria.

Entretanto, quando alterado o limiar de corte para $\lambda = 0.65$ todos os DMs apresentaram pelo menos uma alteração de alocação, sempre para classes inferiores. Nos casos de DM₂ e DM₃, 3 alternativas foram alteradas dessa forma.

Como esperado, o novo modelo, sem os efeitos de q_j e p_j , tornou mais difícil as alocações nas classes superiores, uma vez que já não há tolerância com desempenhos de a_i inferiores a b_h para as alocações de a_i na classe $(h+1)$.

O que se verificou interessante nesse experimento, foi que o número de alocações alteradas, em relação ao modelo original (com q_j e p_j), foi consideravelmente menor para limiares de corte maiores. Vê-se que isso se dá, porque as alocações já tinham sido feitas com rigor elevado e as alternativas já se encontram em classes inferiores, o que é diferente quando os resultados são obtidos com valores λ menores.

Quanto ao aumento dos valores q_j e p_j , é preciso cautela, de modo que a modificação seja feita mantendo a coerência dos valores entre si e com os dados do problema. Verificamos que seria possível um aumento percentual de 70% dos valores, mantendo a referida coerência.

As modificações das alocações provocadas pelo incremento dos valores, considerando o limiar de corte 0.65, não foram muitas, mas foram consistentes com o sentido esperado. Os DM₃ e DM₄ tiveram a alocação da alternativa a_{10} , anteriormente na categoria 3 elevada para a categoria 4, e o DM₁ alterou a alocação de a_3 da categoria 2 para 3.

6.3 Notas conclusivas

O capítulo apresentou dois exemplos numéricos, aplicando o modelo VICA em dois casos da literatura: o caso da alocação de empresas em categorias de risco de falência (Dimitras *et al.*, 1995; Dias *et al.*, 2002; Melo, 2005; Almeida-Dias, 2010; e Bezerra *et al.*, 2014) e o caso da classificação de 10 zonas geográficas em categorias de área de risco (Merad *et al.*, 2004 e Tervonen *et al.*, 2009).

A análise dos exemplos numéricos segue os procedimentos estabelecidos através de um fluxograma de processo. Ela tem início com a estruturação do modelo para a

obtenção dos resultados individuais. A comparação dos resultados individuais estabelece a situação inicial para os procedimentos de busca de uma solução em G-consenso, com modificações dos parâmetros G e λ . Não sendo encontrada essa solução, não sendo possível consenso em torno de uma solução ou mesmo pelo desejo de explorar novas versões e compreender melhor o problema, o processo segue com a análise das concessões e modificações das preferências para construir uma solução final.

Acreditamos que os objetivos estabelecidos para os experimentos numéricos foram, de modo geral, alcançados. Foi possível explicar e ilustrar a ferramenta, bem como a metodologia de uso proposta. Os resultados numéricos obtidos foram os esperados, e não se identificaram incorreções nos cálculos ou na lógica do modelo.

No decorrer das análises, melhorias foram desenvolvidas, sobretudo em termos de *interface* e de ajustes para a flexibilização da ferramenta no tratamento de diferentes números de alternativas, critérios, classes e DMs. Entretanto, é preciso reconhecer que a ferramenta ainda se limita a 40 alternativas, 10 critérios e 5 classes, podendo no entanto ser ampliada sem grandes dificuldades.

Os recursos para análise *What if* do Excel, como inseridos no modelo, mostraram-se bastante úteis no processo de busca ou construção de soluções de consenso, especialmente no caso da ferramenta tabela. No caso da construção de cenários, as análises demandaram maior tempo e esforço, já que a introdução de valores alternativos para a variável faz-se um a um.

Acreditamos ser possível que, um decisor ou analista com algum conhecimento sobre folhas de cálculo e poucas horas de orientação acerca do método/modelo, seja capaz de conduzir uma análise como a desenvolvida sem grandes problemas, de modo a efetivamente auxiliar a decisão em grupo para os contextos em questão.

Aplicação do Modelo: Estudo de Caso

Este capítulo trata da apresentação do estudo de caso desenvolvido para analisar a aplicação do modelo numa situação real. Explica-se o contexto do estudo, descrevendo a organização, o problema e a constituição do grupo de decisores. Também são discutidos os elementos que compõem e estruturam o problema: classes; critérios; alternativas e seus desempenhos. As etapas do processo e os procedimentos seguidos são detalhados e apresenta-se o relatório final do caso, analisando, em termos de evidências encontradas, a validação das proposições do estudo que foram estabelecidas no quadro 1 da introdução deste trabalho.

7.1 Contexto e planejamento do estudo de caso

Uma instituição de ensino de línguas formou-se a partir de alunos que buscavam aulas particulares para aprender inglês. Após cerca de um ano do início das atividades, a organização conta com 20 alunos e precisa classificar esses estudantes de acordo com seus níveis gerais de domínio do idioma. Até então, os estudantes passavam por uma avaliação informal muito pouco estruturada. Ocasionalmente, isso acarretava problemas, já que o conjunto de estudantes é muito heterogêneo em termos de nível de conhecimento. Os sócios da organização entendem que programas inadequados para os níveis de conhecimento podem prejudicar o desempenho dos alunos, dificultar a prática do ensino e a reputação da organização. Dessa forma, eles querem melhorar o processo de ingresso e reorganizar os programas, de modo que os alunos sejam alocados em programas adequados ao seu nível e que possam avançar numa progressão mais estruturada.

A organização é constituída por quatro sócios e um gerente geral que tem formação na área de ensino de língua inglesa para estrangeiros (*Teaching English as a Foreign Language-TEFL*). Uma conversa inicial com o gerente geral definiu uma proposta em termos de estruturação de classes e critérios para tratar o problema, a ser validada com os sócios. Nessa proposta definiram-se quatro **classes de programa** para alocação dos estudantes, da mais básica à mais avançada, são elas: Iniciante; Pré-intermediária; Intermediária; e Avançada. Note-se que nesse caso, não há limite máximo ou mínimo para o número de alunos nas classes, a principal caracterização da classe é o tipo de programa oferecido, e não a constituição física das turmas.

Quanto aos **critérios** para alocação, optou-se por considerar avaliações em seis competências fundamentais, assim expressas: *Speaking*; *Listening*; *Writing*; *Reading*; *Structuring* (gramática); e *Translating*. As avaliações são feitas a partir de instrumentos diferentes e fazem uso de diferentes escalas. A seguir são explicados cada um dos critérios, a forma como são avaliados e as escalas utilizadas.

1. *Speaking*- refere-se à capacidade de se expressar compreensivamente através da fala. A avaliação do critério é feita através de entrevista informal com professor de língua nativa inglesa, a partir da qual o nível de domínio pode ser considerado: Muito Bom (5); Bom (4); Razoável (3); Baixo (2) ou Muito Baixo (1).
2. *Listening*- Verifica-se a capacidade de escutar e compreender o que foi dito. A avaliação é feita através da apresentação de pequenos áudios (CDs), seguidos de perguntas de múltipla escolha para testar a compreensão. São ao todo 10 questões, de modo que, o estudante pode ter um *score* entre 0 e 10.
3. *Writing*- Avalia-se a capacidade do estudante expressar-se na forma escrita, também são observados aspectos, como vocabulário e ortografia. A partir de um tema fornecido, o estudante escreve um texto com pelo menos 200 palavras, que será avaliado de 0% a 100%.

4. *Reading*- Diz respeito à capacidade de leitura e compreensão de textos. O teste para essa avaliação consiste na apresentação de um texto, seguido de 10 perguntas com múltiplas escolhas para verificar a correta interpretação do texto. Nesse caso, o *score* pode variar de 0 a 10.
5. *Structuring* (gramática)- Refere-se a capacidade de formular e reconhecer estruturas gramaticais corretas. O teste é composto por questões V ou F, para verificar a correção de frases e também por questões para preencher as lacunas em branco, o *score* no teste também pode variar entre 0 e 10.
6. *Translating*- Avalia-se a capacidade de traduzir de outra língua para o português. A avaliação é baseada na tradução escrita de um texto de aproximadamente 200 palavras. Os valores possíveis variam entre 0% e 100%.

Portanto, todos os estudantes da instituição passaram por exames completos, compostos por: uma entrevista; uma redação; uma tradução; e teste com 30 questões, dividido em seções com 10 questões cada (*reading*, *listening* e *structuring*). As etapas do processo para aplicação da ferramenta no estudo de caso foram **planejadas**, conforme segue:

- I. Compreensão do problema e configuração básica para a reunião do grupo. Feita pelo analista após a primeira coleta de informações, tem por finalidade a preparação para a condução do grupo em sua primeira reunião.
- II. Reunião do grupo - Fase inicial
 - i. Validação da estrutura do problema. Ocorre no início da reunião, quando são discutidos os objetivos e compreendidos cada um dos conceitos e elementos do problema: as classes, os critérios e as avaliações de desempenho das alternativas;
 - ii. Estruturação para aplicação do método. Nessa etapa o grupo é apresentado ao método ELECTRE TRI, compreende e define em conjunto valores para os parâmetros do método: limiares de indiferença e de preferência e limiar de corte; e

- iii. Visualização dos desempenhos das alternativas. É apresentado ao grupo o gráfico de desempenho e alguns deles são discutidos, afim de que todos compreendam a necessidade do estabelecimento de importâncias relativas para a obtenção de uma avaliação global. A fase inicial da reunião é encerrada com todos estabelecendo suas preferências individuais para as importâncias relativas dos critérios, em seções privadas e com o apoio da analista, se necessário.
- III. Análise do estado inicial do grupo e dos caminhos possíveis para o consenso na fase final da reunião (envolve apenas o analista), seguindo os fluxogramas para busca e construção de consenso, procura-se levantar os caminhos possíveis para uma solução de consenso.
- IV. Reunião - Fase final. Nessa segunda etapa da reunião a análise realizada pelo analista é apresentada gradativamente ao grupo que, interagindo com a ferramenta, através do analista, busca uma solução de consenso, seguindo os passos:
 - i. Apresentação dos resultados individuais e suas comparações dois a dois- considerando 4 DMs, temos 6 comparações possíveis;
 - ii. Verificação da possibilidade de uma solução em G-consenso para diferentes limiares de corte; e
 - iii. Apresentação do mecanismo de concessões nos pesos para buscar soluções de consenso. As concessões contam com o apoio do analista que pode apontar as concessões mínimas para o consenso, se necessário.
- V. Relatório final. O relatório final foi elaborado com base nos roteiros estabelecidos nos apêndices D e E e será apresentado na seção seguinte.

7.2 Estruturando o problema e decidindo em grupo

O grupo de quatro decisores foi constituído por pessoas que, embora tenham nível educacional superior, nunca tiveram contato com métodos MCDA. A seguir, listamos no quadro 6 um perfil resumido de cada um deles.

Quadro 6 - Perfil dos decisores

DM	Sexo	Idade	Formação	Ocupação
DM ₁	F	40	Cientista Social Especialista em Gestão de Pessoas	Diretora Administrativa em Incorporadora de Construção Civil
DM ₂	F	38	Mestre em Direito	Professora Universitária no Curso de Direito
DM ₃	F	42	Mestre em Comunicação e Cultura Contemporânea	Professora Universitária e Editora
DM ₄	M	40	Professor Doutor em Música	Professor Universitário e Regente no Curso de Música

A reunião face a face do grupo teve início às 20:20 hs do dia 16 de junho de 2015 com todos os decisores sentados em mesa redonda, voltados para um monitor de 40", onde o modelo foi apresentado. A reunião teve duas seções, a primeira com 1 hora e 30 minutos de duração e a segunda com 2 horas e 15 minutos. O encontro foi filmado, com autorização dos participantes, para facilitar as observações, os registros e análises futuras.

Na introdução, estabeleceu-se que todos podiam perguntar, fazer sugestões ou observações a qualquer momento da reunião. Inicialmente, fez-se uma breve explicação do caso em questão, do método ELECTRE TRI, e do objetivo do encontro. Também foi validada a forma proposta para a estruturação do problema, com os 6 critérios, suas avaliações e as 4 classes de programas onde as alternativas (estudantes) precisariam ser alocadas.

A primeira tarefa estabelecida para o grupo foi a definição partilhada dos perfis das classes. Para isso, foram utilizados em conjunto a folha Classes, onde os valores dos perfis eram introduzidos, e o Gráfico de Desempenho, somente com as áreas representativas das classes. A DM₂ perguntou por quê apenas 3 perfis precisariam ser definidos quando temos 4 classes. Rapidamente a dúvida foi esclarecida com a explicação de que o método necessita apenas das fronteiras entre classes e que a classe 1, inferior a todas, não precisa de limite inferior b_0 , assim como a melhor classe não necessita de limite superior b_5 . O efeito dos valores dos perfis no modelo foi ilustrado através do gráfico de desempenho, que se movimentava a cada alteração dos valores de b_h , fazendo diminuir ou aumentar as áreas representativas das classes, quando as fronteiras eram modificadas, o que pareceu interessante para os DMs.

A discussão acerca dos desempenhos dos perfis foi mais demorada do que o esperado, provavelmente porque a DM₃ levantou que os critérios cujas as avaliações eram mais difíceis deveriam ter perfis menos exigentes ou mais fáceis. Uma observação que demonstrou uma boa compreensão do significado desses limites e de sua relação com as avaliações nos critérios. Essa compreensão prevaleceu no grupo, influenciando a definição final dos desempenhos dos perfis, fazendo-os mais elevados para o critério 3 (*reading*) cuja avaliação foi considerada mais fácil- em relação ao critério 2 (*listening*) e critério 5 (*structuring*). Dessa forma, embora os três critérios tenham escalas iguais, de 0 a 10, vê-se na figura 43 que os desempenhos definidos para os perfis $b_h \in B = \{b_3, b_2, \dots, b_1\}$ diferem. Sendo $g_2(b_h) = g_5(b_h) = \{8, 6, 4\}$, enquanto para o critério 4 (*reading*) os desempenhos $g_4(b_h) = \{9, 7, 5\}$. O mesmo aconteceu com os dois critérios cujas escalas variam no intervalo [0%, 100%], o critério 6 (*translating*) foi considerado mais fácil do que o critério 3 (*writing*) e os desempenhos de seus perfis foram estabelecidos, respectivamente: $g_6(b_h) = \{90, 70, 50\}$ e $g_3(b_h) = \{80, 60, 40\}$.

Conforme já mencionado, a discussão do grupo para a definição dos valores $g_j(b_h)$ foi prolongada. A DM₂, perguntou se o modelo oferecia algum tipo de apoio para o consenso na definição dos desempenhos dos perfis. Foi oferecida a análise dos desempenhos dos estudantes em percentis para auxílio e também mencionada a possibilidade de média e votação, entretanto, os decisores preferiram seguir a sugestão do DM₄ e discutir a questão em termos conceituais até chegarem a um acordo, o processo todo levou aproximadamente 20 minutos. A figura 43 mostra todos os valores finais dos desempenhos dos perfis introduzidos na folha Classes.

Figura 43 - Limites das classes

Qual o desempenho mínimo para a alocação na classe?

		Limites inferiores das Classes					
		Min	Max	Classe 4	Classe 3	Classe 2	Classe 1
				<i>Avançada</i>	<i>Intermediária</i>	<i>Pré-intermediária</i>	<i>Iniciante</i>
Critérios	Meta						
<i>Speaking</i>	Max	1	5	4	3	2	NA
<i>Listening</i>	Max	0	10	8	6	4	NA
<i>Writing</i>	Max	0	100	80	60	30	NA
<i>Reading</i>	Max	0	10	9	7	5	NA
<i>Grammar</i>	Max	0	10	8	6	4	NA
<i>Translating</i>	Max	0	100	90	70	50	NA

Além dos perfis os DMs foram solicitados a definir outros parâmetros para o ELECTRE TRI, o primeiro foi um limiar de corte, que poderia ser revisto ao longo do processo. A DM₃ sugeriu usar o valor médio dentro do intervalo possível [0.5, 1], o que foi aceito por todos sem discussões e assim estabeleceu-se $\lambda = 0.75$.

Quando explicados os limiares de indiferença, preferência e o veto, os decisores perguntaram se tinham realmente que utilizá-los ou não? Percebeu-se a indisposição para realizar o esforço cognitivo requerido, a resposta teve que ser imediata e poderíamos ter insistido para que fossem definidos, porque eles podem facilitar o consenso (conforme visto nos experimentos numéricos), mas consideramos que não deveríamos impor os parâmetros. O veto foi testado no capítulo 6, ele funciona bem no modelo atual se for

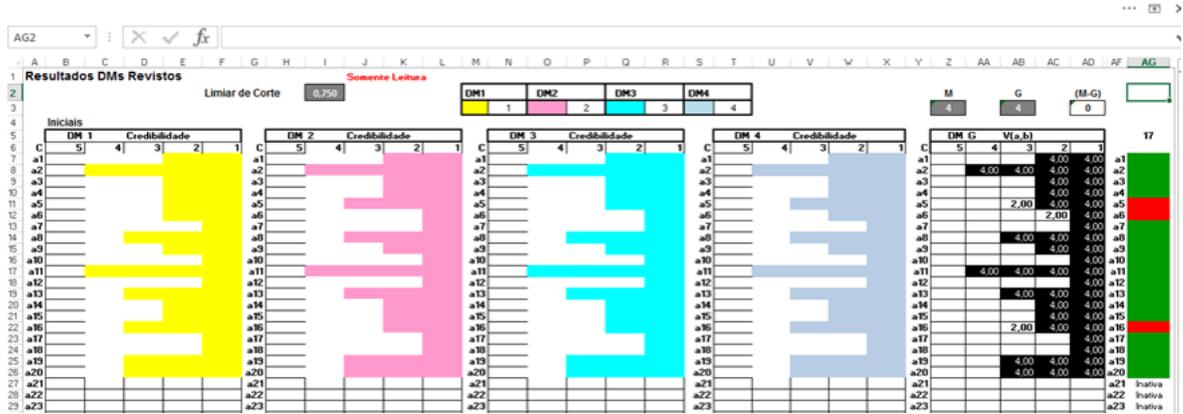
partilhado. Entretanto, não são muitos os trabalhos que usam o veto em casos reais e, na prática, entendeu-se o porquê. A compreensão dos conceitos desses limiares requer um pouco de esforço, que os decisores não estão muito dispostos a fazer (opinião a partir da experiência realizada). Além disso, o uso do veto é totalmente opcional e o método aceita bem valores iguais a zero para p_j e q_j (bastante comum no relato de casos reais da literatura). Dessa forma, definiram $q_j = 0$; $p_j = 0$; e v_j infinito.

Foram então introduzidos todos os dados e definidos todos os parâmetros do ELECTRE TRI para os cálculos dos resultados individuais, faltando apenas a importância relativa dos critérios. O grupo viu uma apresentação de como essa introdução seria feita no modelo e foi oferecido apoio individualizado para a tarefa. Todavia, os DMs não viram nenhuma dificuldade para estabelecer os valores relativos entre os critérios e preferiram estabelecê-los em papel e individualmente. A DM₃ chegou a pontuar: “assim é mais rápido”. Embora tenha sido solicitado que procurassem pensar individualmente sobre suas preferências, o grupo comentou entre si alguns dos valores de suas preferências, o que pode ter contribuído para que os valores atribuídos não ficassem muito distantes entre eles.

7.2.1 Análise: levantando os caminhos possíveis

Após recolher os valores das importâncias relativas dos critérios fornecidos por cada DM, o grupo foi informado que os dados recolhidos seriam introduzidos no modelo e analisados, para discussão numa segunda seção, portanto, o grupo teria um intervalo de 30 a 40 minutos para lanche. Nesse intervalo, estudou-se a situação de partida sintetizada na figura 44 e os possíveis caminhos para uma solução de consenso, utilizando os fluxogramas de Busca, figura 45 e de Construção, figura 47, esses fluxogramas são desdobramentos mais detalhados do fluxograma geral apresentado na figura 17 do Capítulo 4. É possível visualizar os resultados individuais produzidos na figura 44 e também verificar as divergências para o G-consenso por unanimidade. Das 20 alternativas, apenas 3 alternativas tinham classificações divergentes para $G = 4$ e $\lambda = 0.75$.

Figura 44 - Resultados individuais iniciais



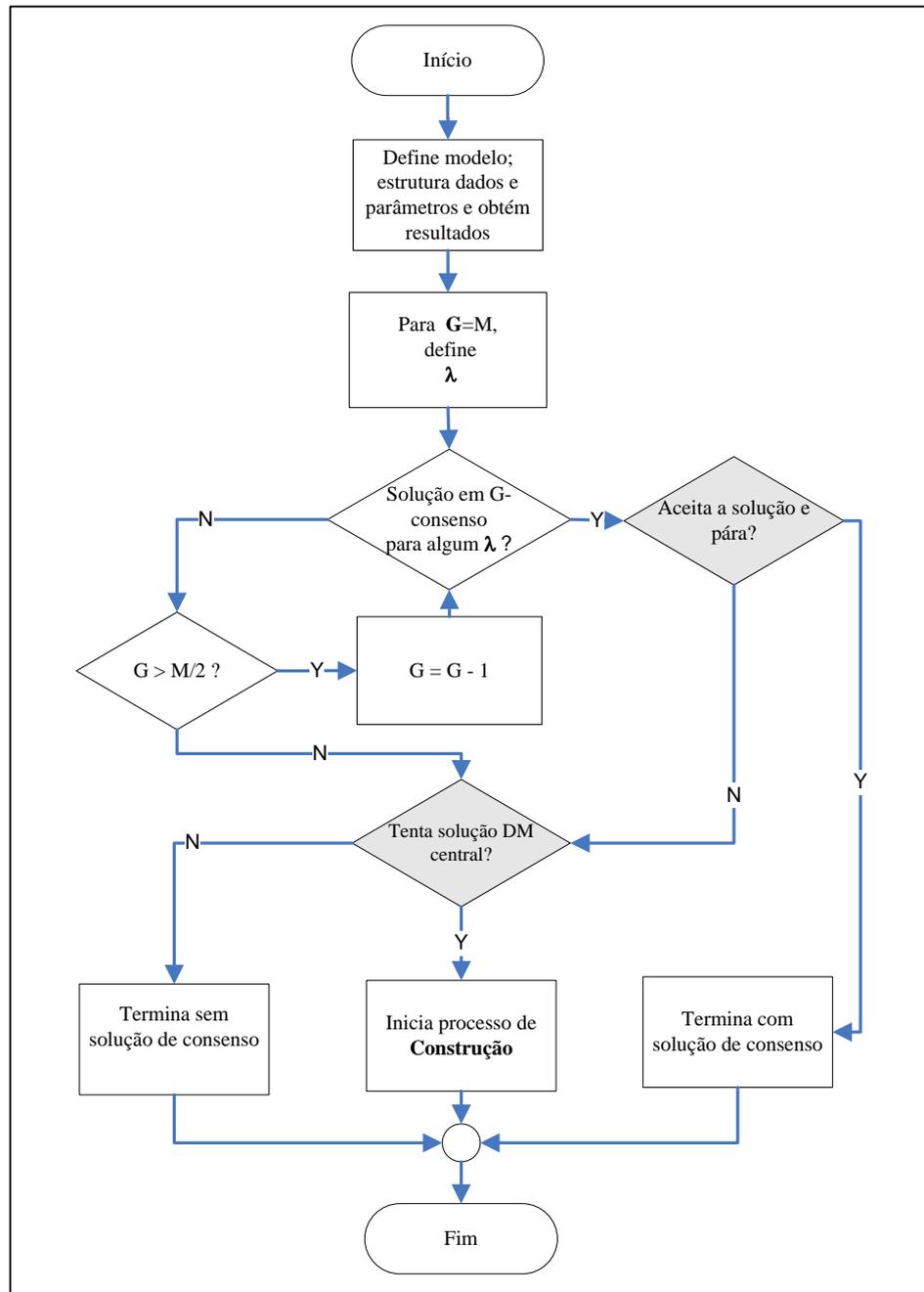
A percepção inicial era a de que, devido a similaridade das importâncias relativas dos critérios, possivelmente haveria algum par de DMs com a mesma classificação. Entretanto, isso não se verificou, como vê-se na tabela 27, onde são descritas as divergências encontradas nas comparações dois a dois.

Tabela 27 - Divergências dois a dois

Comparação	Alternativas Divergentes	Tipo de Divergência
DM ₁ e DM ₂	a_5	$(a_5 \xrightarrow{DM_1} K_2)$ e $(a_5 \xrightarrow{DM_2} K_3)$
	a_6	$(a_6 \xrightarrow{DM_1} K_2)$ e $(a_6 \xrightarrow{DM_2} K_1)$
	a_{16}	$(a_{16} \xrightarrow{DM_1} K_3)$ e $(a_{16} \xrightarrow{DM_2} K_2)$
DM ₁ e DM ₃	a_6	$(a_6 \xrightarrow{DM_1} K_2)$ e $(a_6 \xrightarrow{DM_3} K_1)$
	a_{16}	$(a_{16} \xrightarrow{DM_1} K_3)$ e $(a_{16} \xrightarrow{DM_3} K_2)$
DM ₁ e DM ₄	a_5	$(a_5 \xrightarrow{DM_1} K_2)$ e $(a_5 \xrightarrow{DM_4} K_3)$
DM ₂ e DM ₃	a_5	$(a_5 \xrightarrow{DM_2} K_3)$ e $(a_5 \xrightarrow{DM_3} K_2)$
DM ₂ e DM ₄	a_6	$(a_6 \xrightarrow{DM_2} K_1)$ e $(a_6 \xrightarrow{DM_4} K_2)$
	a_{16}	$(a_{16} \xrightarrow{DM_2} K_2)$ e $(a_{16} \xrightarrow{DM_4} K_3)$
DM ₃ e DM ₄	a_5	$(a_5 \xrightarrow{DM_3} K_2)$ e $(a_5 \xrightarrow{DM_4} K_3)$
	a_6	$(a_6 \xrightarrow{DM_3} K_1)$ e $(a_6 \xrightarrow{DM_4} K_2)$
	a_{16}	$(a_{16} \xrightarrow{DM_3} K_2)$ e $(a_{16} \xrightarrow{DM_4} K_3)$

A análise dos possíveis caminhos para o consenso teve início com a busca de uma solução de maioria $G = 3$, mantendo $\lambda = 0.75$. Seguindo o fluxograma da figura 45, alterou-se o parâmetro G e viu-se que as três divergências apresentadas não poderiam ser resolvidas por maioria, que em todas elas haviam 2 DMs que alocavam alternativas em classes superiores e 2 que as alocavam em classes inferiores.

Figura 45 - Fluxograma do processo para a **Busca** de consenso



Ainda dentro do fluxograma de busca, verificou-se na tabela de dados que existiam soluções em G-consenso para $G = 3$ no intervalo de interesse $\lambda = [0.65, 0.85]$. Fez-se então uma análise de cenários para estudar essas soluções de consenso, o sumário da análise é apresentado na figura 46, onde são listadas as alocações em G-consenso para valores alternativos do limiar de corte. Foi possível identificar 4 soluções em G-consenso

para subconjuntos de limiares de corte $L^G \subset L$: a solução S1 com $L^3 = \{0.65\}$; a solução S2 com $L^3 = \{0.66, 0.67, 0.68, 0.69, 0.70\}$; a solução S3 com $L^3 = \{0.76, 0.77, 0.78, 0.79, 0.80\}$; e a solução S4 com $L^3 = \{0.81, 0.82, 0.83, 0.84, 0.85\}$.

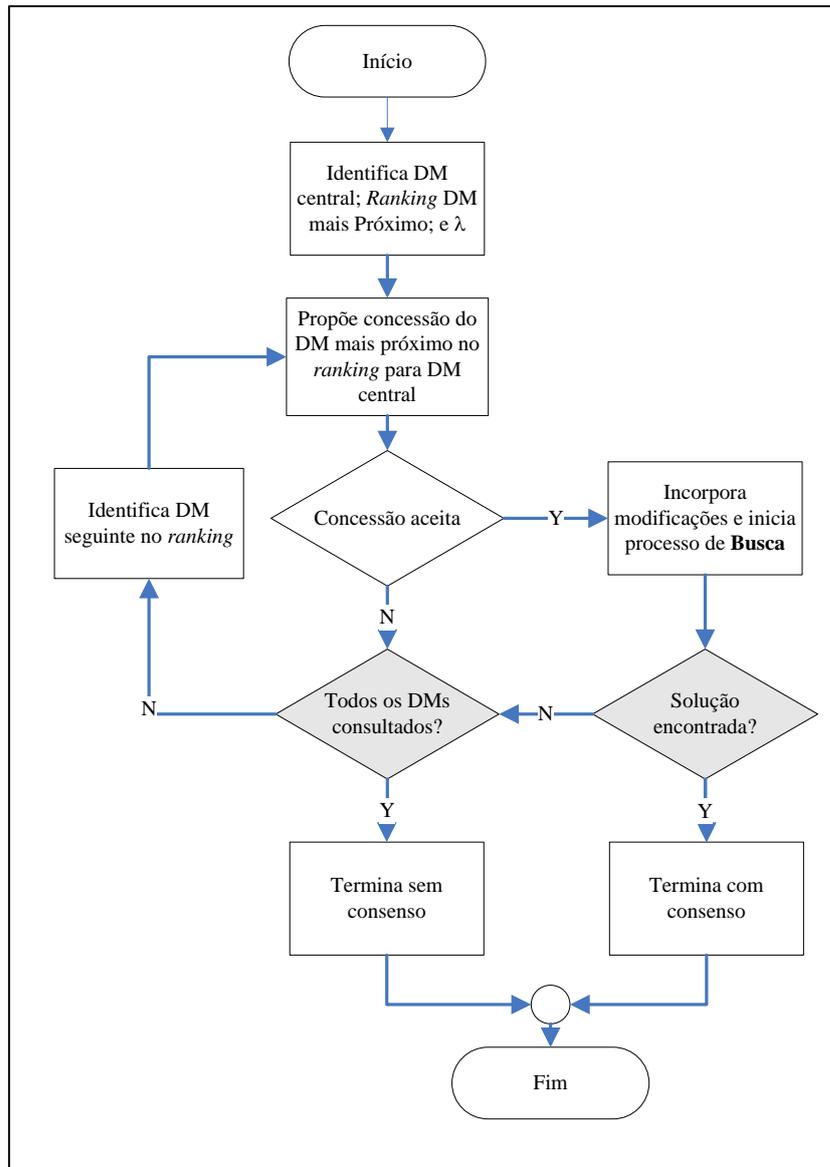
Vê-se na figura 46 que as soluções S1 e S4 apresentam pontos sinalizados em amarelo, eles apontam alterações no consenso obtido inicialmente com $G = 4$ e $\lambda = 0.75$, dessa forma, decidimos desconsiderá-las, voltando nossa atenção para as outras 2 soluções S2 e S3, sinalizadas com contornos verdes na figura.

Figura 46 - Análise de cenário do estudo de caso

Resumo do cenário																					
Limiar de Corte	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.7	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.8	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85
a1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
a2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
a4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
a5	3	3	3	3	3	3	?	?	?	?	?	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
a6	2	2	2	2	2	2	?	?	?	?	?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
a9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
a10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
a14	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
a15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
a16	3	3	3	3	3	3	?	?	?	?	?	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
a17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
a20	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Percebe-se que as soluções S2 e S3 são iguais entre si, exceto pelas divergências em a_5 , a_6 , e a_{16} , exatamente as mesmas divergências entre os resultados iniciais, verificadas para a unanimidade com $\lambda = 0.75$. Ocorre que a solução S1, com λ menores, resolve as divergências alocando as três alternativas divergentes nas classes mais elevadas, enquanto a solução S2 o faz alocando-as todas nas classes mais inferiores. Assim, um possível caminho para o consenso seria alterar o limiar de corte de $\lambda = 0.75$ para $\lambda = 0.70$ e resolver as divergências alocando-as nas classes mais elevadas ou alterar o limiar para $\lambda = 0.76$, alocando-as nas classes mais baixas. Entretanto, entendemos que propor a decisão ao grupo nesse sentido poderia polarizar as opiniões, então optou-se por também levantar caminhos construídos a partir das concessões 2 a 2 seguindo o fluxograma da figura 47.

Figura 47 - Fluxograma do processo para a **Construção** de consenso



O primeiro passo do fluxograma, a identificação do DM central e do *ranking* dos DMs mais próximos a ele, foi dado, verificando-se tanto a distância euclidiana entre os vetores das importâncias relativas, como o número de alternativas divergentes nas comparações entre os resultados individuais iniciais. A verificação identificou dois DMs centrais, igualmente distantes em relação aos demais. Os DMs centrais identificados também se mostraram o par mais próximo entre si, usando-se as duas medidas de distância mencionadas. Então verificou-se quais seriam as concessões mínimas necessárias para o consenso entre esses DMs centrais, DM₂ e DM₃.

A comparação entre os DMs mostrou que a divergência entre elas se localizava apenas na classificação da alternativa a_5 , conforme já identificado na tabela 27. A tabela de dados para análise das combinações de concessões para o consenso apontou uma assimetria importante: para o consenso seria necessário apenas uma concessão de $\alpha_{2 \rightarrow 3} = 2\%$ de DM₂ para DM₃, entretanto, de DM₃ para DM₂ seria necessária a concessão $\alpha_{3 \rightarrow 2} = 100\%$. Os vetores das importâncias relativas eram na verdade, muito similares e uma alteração muito pequena ($\alpha_{2 \rightarrow 3} = 2\%$) em W_2 levaria o resultado de DM₂ a igualar-se ao resultado DM₃, mantendo $\lambda = 0.75$, conforme mostra a tabela 28.

Tabela 28 - Modificações de DM₂ para consenso com DM₃

Revisões DM ₂	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
W^2	30,0%	15,0%	20,0%	10%	15,0%	10%
$W^{2 \rightarrow 3}$	30,0%	15,0%	20,0%	10,1%	15,0%	9,9%

O consenso por unanimidade necessitaria ainda de concessões do DM₁ e do DM₄, também de 2%, em direção ao DM₃. Assim, também levantamos as modificações correspondentes desses DMs, conforme mostram as tabelas 29 e 30.

Tabela 29 - Modificações de DM₁ para consenso com DM₃

Revisões DM ₁	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
W^1	25%	15%	15%	15%	20%	10%
$W^{1 \rightarrow 3}$	25,1%	15,0%	15,1%	15,0%	19,9%	9,9%

Tabela 30 - Modificações de DM₄ para consenso com DM₃

Revisões DM ₄	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
W^4	25%	15%	25%	15%	10%	10%
$W^{4 \rightarrow 3}$	25,1%	15,0%	24,9%	15,0%	10,1%	9,9%

A estratégia traçada após a análise foi apresentar os caminhos possíveis, seguindo o fluxograma de busca e, se necessário, combinado ao fluxograma de construção (os

referidos fluxogramas são desdobramentos mais detalhados, do fluxograma geral apresentado na figura 17). Dessa forma, após o estudo feito isoladamente, o grupo reuniu-se novamente em torno da mesa redonda para analisar os resultados e possivelmente encontrar uma solução de consenso. Procuramos relatar a seguir todas as observações relevantes feitas durante essa seção.

7.2.2 Busca e construção de consenso em grupo

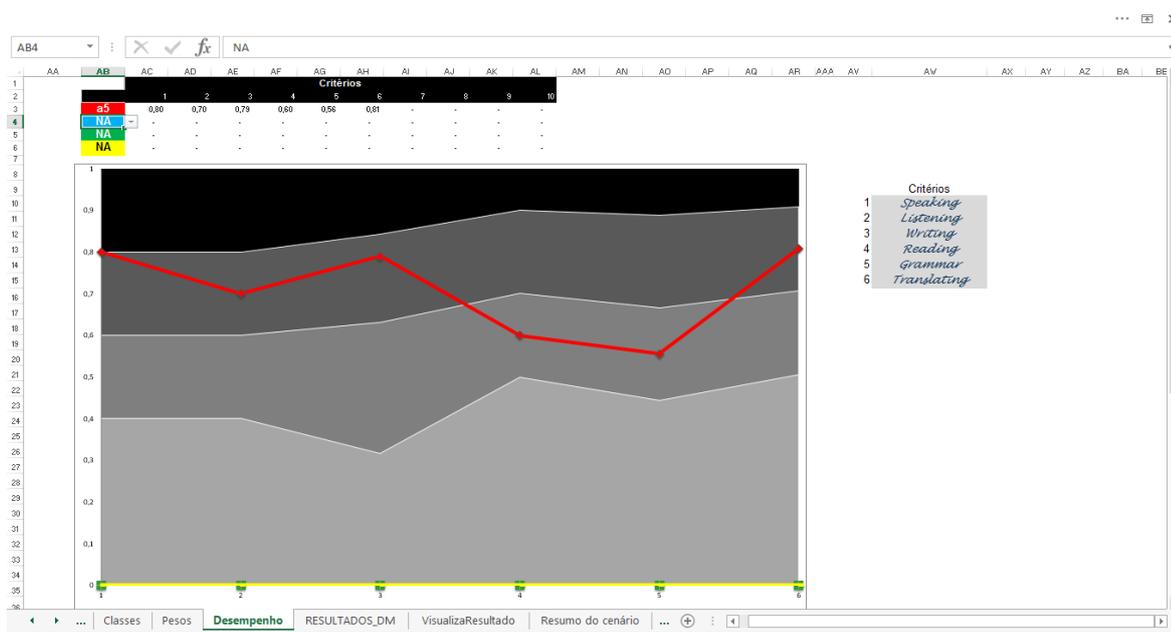
Inicialmente foi apresentada em tela grande a figura 44 com a representação visual dos resultados individuais, as alternativas em consenso e em divergência. Logo de início, a DM₃ perguntou quem estava mais próximo de quem em termos de resultados, ao que se respondeu que, na verdade, todos estavam muito próximos uns dos outros. Após uma breve explanação, os DMs demonstraram compreender imediatamente a representação visual das alocações nos *displays* dos resultados individuais.

Explicou-se que com o limiar de corte igual a 0.75, não era possível a obtenção de uma classificação de consenso por unanimidade para todas as alternativas, mas que poderiam ser obtidas soluções de consenso por maioria para outros valores de λ , como 0.70 ou 0.76, sendo menos ou mais rigorosos nas classificações, respectivamente. Entretanto, o grupo preferiu manter o parâmetro inicial, entendendo que não seria correto “mudar a regra” sobre a qual já haviam decidido. Cabe aqui uma observação relevante, embora tenha sido explicada a possibilidade de variar os parâmetros iniciais estabelecidos conforme as preferências, o grupo demonstrou uma certa resistência para modificar parâmetros já discutidos. Também percebeu-se uma certa curiosidade em saber como poderiam discutir mais e entender melhor as divergências apontadas, a partir das definições iniciais do modelo.

O grupo foi informado acerca dos tipos de divergências existentes que, embora poucas em quantidade, não poderiam ser resolvidas por maioria sem alteração do limiar de corte, já que, nos três casos, 2 DMs alocavam as alternativas em classes superiores, enquanto 2 DMs as alocavam em classes inferiores. Assim, a construção de consenso poderia ser iniciada com a verificação da possibilidade de concessões entre DMs.

Como as DMs centrais identificadas, DM₂ e DM₃, encontravam-se muito próximas, com apenas uma alternativa em divergência, propôs-se à DM₂ que fosse feita a concessão $\alpha_{2 \rightarrow 3} = 2\%$, cujas modificações encontram-se na tabela 28, ou que DM₃ fizesse a concessão $\alpha_{3 \rightarrow 2} = 100\%$, que tornaria as suas importâncias relativas iguais às da DM₂. As concessões propostas eliminariam a divergência em a_5 , numa direção ou na outra. Entretanto a DM₂ solicitou a análise dos desempenhos do aluno em questão para poder decidir se faria ou não sua concessão de 2%. A figura abaixo mostra o *display* a partir do qual a DM₂ e DM₃ analisaram os desempenhos de a_5 . A discussão prolongou-se muito além do esperado, já que, analisando os desempenhos do aluno em cada critério, as DMs não conseguiram chegar a um acordo. A discussão envolveu não somente a importância relativa dos critérios, mas também se seria melhor ou pior para o negócio ser mais ou rigoroso na classificação dos alunos, a satisfação dos alunos e a reputação da organização.

Figura 48 - Desempenhos de a_5



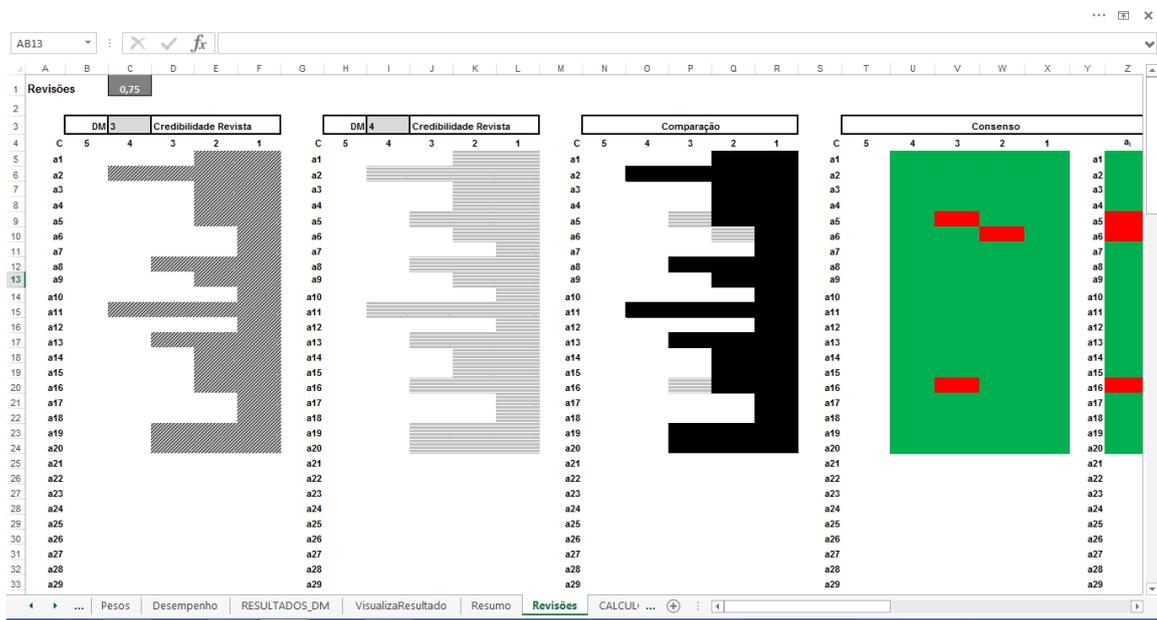
Ocorre que, embora estivessem muito próximas em termos de importância relativa dos critérios, a DM₃ atribuía apenas 5% de importância relativa ao critério 6- *translating*, enquanto a DM₂ conferia a esse critério 10% de importância, em detrimento do critério 4- *reading*, mais valorizado pela DM₃ e onde o aluno teve desempenho relativamente baixo. Além disso, a DM₂ importava-se que os alunos não se sentissem “subavaliados” por uma

classificação muito rigorosa, enquanto a DM₄ entendia que os “princípios” da classificação deveriam prevalecer sobre os interesses do negócio.

Após mais de 20 minutos de discussão acerca da importância dos critérios, o DM₄ interveio e propôs-se a fazer concessões para as DMs centrais, perguntando em que direção deveria conceder para facilitar o consenso. Sobre essa proposta a DM₁ comentou: “esse é o espírito!” e as DM₂ e DM₃ silenciaram a discussão. Informou-se ao DM₄ que a opção de conceder em direção a DM₂ ou DM₃ dependeria de suas preferências, em outras palavras, em quais critérios estaria mais disposto a mudar, já que, nesse caso, as duas DMs tinham a mesma distância (euclidiana) em relação a ele. Após uma breve avaliação o DM₄ decidiu conceder em direção à DM₃.

A figura 49 apresenta a comparação entre os resultados de DM₃ e DM₄ para o limiar de corte $\lambda = 0.75$, mostrada para o par. Note-se que o par apresenta as mesmas divergências verificadas para o grupo em a_5 , a_6 , e a_{16} .

Figura 49 - Comparação entre DM₃ e DM₄



A tabela de dados para a verificação das concessões entre DM₄ e DM₃ necessárias para o consenso apontou a mesma assimetria verificada em relação ao consenso entre DM₂ e DM₃. Isto é, também nesse caso, seria necessária a concessão de $\alpha_{4 \rightarrow 3} = 2\%$ ou a

concessão $\alpha_{3 \rightarrow 4} = 100\%$ para consenso. O DM₄ decidiu fazer a concessão para verificar como a decisão do grupo evoluiria a partir desse ponto.

Feita a concessão, viu-se no fluxograma de busca que haveria consenso por maioria $G = 3$ para a solução S3, que corresponde ao resultado DM₃. O grupo decidiu concluir os processos de busca e construção aprovando essa classificação final de consenso, embora a DM₂ tenha tentado, sem sucesso, convencer o DM₄, a rever sua decisão e conceder em sua direção, argumentando que entre eles existiam apenas 2 alternativas divergentes e não 3, como na comparação com DM₃.

Após a obtenção da solução final, de uma breve discussão a respeito das classificações futuras e da conclusão de todos os trabalhos, cada decisor foi convidado a responder de forma escrita a uma única pergunta: Na sua perspectiva, o uso da ferramenta ajudou o grupo a encontrar uma solução para o problema? Por quê? Como? Seguem abaixo as respostas fornecidas.

Resposta DM₁: *Sim. Porque facilitou a percepção de que o consenso pode definir o modelo mais justo para o aprimoramento da aprendizagem. Muitas lacunas se mostraram pertinentes entre os critérios de avaliação, mas, uma vez feita a alimentação do sistema, ressaltou-se a importância da automação do gerenciamento das informações fornecidas, de forma que houve uma aproximação ponderada e justa da classificação, conseqüentemente, da qualificação da expectativa/objetivo da instituição de ensino.*

Resposta DM₂: *Sim. A ferramenta possibilita o consenso na medida em que apresenta soluções que aproximam as decisões individuais. Quando o percentual de concessões se mostra menor é mais fácil ceder. Além do mais, as concessões podem ser feitas por apenas um ou alguns dos decisores e a existência de mais de uma possibilidade para atingir o consenso o torna mais viável. O método permite aos decisores verificarem estas possibilidades e a exata medida do quanto cada participante precisará ceder.*

Resposta DM₃: *Sim. É importante para perceber que o consenso é facilitado e a discussão vai para a percepção dos critérios, como foram escolhidos, e a importância de cada item abordado. Percebe-se que na discussão das divergências o modelo matemático vem para auxiliar e facilitar a decisão final. Observar visualmente os resultados é importante para o resultado final, facilita as decisões. O critério translating, por exemplo, foi importante para observarmos a necessidade de revisão dos objetivos e competências.*

Resposta DM₄: *Sim, o modelo apresenta de forma clara, visualmente explicativa, as discrepâncias nos dados de cada ítem (aluno). Assim como alternativas numéricas para se encontrar uma decisão em comum que tivesse o perfil de cada membro, contemplando seus desejos e vontades, permitindo ceder com clareza e credibilidade o percentual para os critérios, buscando um consenso final.*

É possível que o grupo tenha sido generoso nas respostas fornecidas, tendo em vista que sabiam que o trabalho seria utilizado num estudo científico e que poderia ser interessante enfatizarem os aspectos positivos do uso do modelo. No entanto, é fato que o resultado de consenso não foi alcançado de imediato, mas após muita discussão, apoiada pela ferramenta.

7.3 Observações do analista

“A observação participante é uma modalidade especial de observação na qual você não é simplesmente um observador passivo. Em vez disso, você pode assumir vários papéis na situação de estudo de caso e participar realmente [...]” Yin (2010: 138). Segundo o autor, dentre suas vantagens, destaca-se o fato de permitir que sejam capturadas informações do ponto de vista interno ao estudo e por isso talvez mais ricas em termos de variedade de situações. Essa seção pretende relatar as observações do analista durante o estudo de caso, sem a pretensão de fazer generalizações científicas, mas sim como uma metodologia científica complementar, visando coletar mais evidências para verificação das proposições deste trabalho.

Para informar acerca do contexto da decisão e caracterizar o grupo, observou-se as cinco perspectivas de Marakas (2013): estrutura; papéis; processo; estilo; e normas. Dessa forma, quanto à estrutura e papéis, o grupo constituiu-se por 4 decisores- sócios do negócio, com importâncias hierárquicas e papéis iguais. O processo, conforme já descrito, ocorreu em reunião face a face em duas seções com intervalo. Quanto ao estilo e normas, o grupo pode ser dito informal e espontâneo, com pouca disciplina e praticamente nenhuma regra. Entretanto, todos se mostraram muito comprometidos com o trabalho, sendo que dois deles (DM₂ e DM₃) demonstraram estar mais interessados na defesa de suas opiniões

em relação aos outros dois (DM₁ e DM₄) mais interessados em alcançar o resultado de consenso.

Todas as considerações que se seguem foram feitas a partir das observações verificadas no decorrer do estudo de caso, contrapostas às proposições do estudo estabelecidas no quadro 1 da introdução deste trabalho. Assim, analisando as cinco proposições uma a uma, a seguir busca-se explicitar as evidências para confirmá-las ou desafiá-las.

A primeira proposição: **aprendizagem e compreensão** propõe que o modelo VICA poderia proporcionar meios para que o grupo adquirisse mais conhecimentos sobre o problema, o método e solução resultante. Logo após a explicação do caso, da estrutura do modelo e do método ELECTRE TRI, não demorou para que o grupo sinalizasse através de perguntas e comentários uma boa compreensão do problema, do método e dos *displays* visuais. Observa-se na fala da DM₃: “o consenso é facilitado e a discussão vai para a percepção dos critérios, como foram escolhidos [...]”, nossa interpretação é a de que a automação de cálculos e a estruturação do problema permitiu que o esforço cognitivo do grupo fosse colocado nos conceitos estruturantes, mais fundamentais do problema.

O gráfico de desempenho mostrou-se especialmente útil para que os DMs compreendessem melhor a tarefa e, por três vezes eles solicitaram sua apresentação, para “conferir” a classificação em relação aos desempenhos das alternativas. Isso se mostrou eficaz para a compreensão mais profunda do problema, mas nem tanto para facilitar o consenso, já que a discussão que estaria pautada na importância dos critérios, foi ampliada, passando a envolver o resultado direto de algumas classificações. Como as divergências não eram muitas, foi possível analisá-las uma a uma sem maiores problemas, entretanto casos diferentes podem apresentar desafios maiores nesse sentido.

A segunda proposição: **efetividade e impactos futuros** precisa ser analisada sob dois aspectos diferentes. Quanto à efetiva aplicação da decisão obtida, não há dúvida de que o grupo demonstrou confiança em utilizá-la, já com relação aos impactos futuros, a questão merece maior discussão. Embora tenham obtido uma solução de consenso para os 20 alunos do problema, percebeu-se que, mesmo ao final do processo, o grupo não tinha exatamente um vetor único para a importância relativa dos critérios, mas sim um intervalo ou como disse a DM₁: “uma zona cinzenta de possibilidades”. Essa percepção fez com que

concluíssem que, para decisões futuras- novos alunos ou grupos de alunos, precisariam testar as classificações dentro do intervalo de importâncias relativas do grupo. Em termos mais técnicos, necessitariam sempre de uma análise de sensibilidade em relação aos pesos atribuídos para decidir com segurança. Este aspecto foi um aprendizado importante no estudo de caso, ou seja, devido a “zona cinzenta de possibilidades” para as importâncias relativas dos critérios, é possível ter-se a impressão de que não se tem um modelo **definitivo** para tarefas futuras.

A terceira proposição trata de analisar se o uso do modelo facilitou a **transparência e a convicção na decisão**. De modo geral, não se observou desconfianças quanto ao método ou cálculos do modelo. Para ilustração, acerca do assunto o DM₄ comenta: “permitindo ceder com clareza e credibilidade” referindo-se à forma como são introduzidas e visualizadas as concessões.

Entretanto, os DMs não demonstraram interesse em entender profundamente as fórmulas, mas sim a ideia geral das comparações, do índice de credibilidade e do limiar de corte. Essa indisposição para a plena compreensão dos cálculos poderia acarretar alguma desconfiança ou baixa credibilidade na transparência da decisão. Acredita-se que a transparência e credibilidade foram conquistadas ao longo do processo, mas principalmente, após a conferência das classificações de três alternativas em consenso com seus respectivos desempenhos em cada critério, visualizados no gráfico de desempenho. Portanto, foi importante para os DMs do caso perceberem se, exemplos de classificações propostas pelo modelo correspondiam a classificações consideradas holisticamente razoáveis pelo decisor.

A quarta proposição refere-se à contribuição para um bom **clima e participação** de todos. No caso específico, foi evidenciada a participação de todos, embora de maneira diferenciada entre os membros, alguns mais ativos e falantes e outros nem tanto. Quanto ao clima, verificaram-se alguns momentos de tensão, que foram eventualmente dissipados ao final do processo. Ocorre que foi difícil para a DM₂ compreender de partida a assimetria das concessões necessárias para o consenso, como vê-se na fala: “como assim, por quê eu tenho que ceder 2% e ela 100%?”. Embora as diferenças entre as DM₂ e DM₃ fossem muito pequenas, uma alternativa e dois critérios com importâncias diferentes, foi praticamente impossível promover o acordo entre elas, devido não somente à assimetria

das concessões necessárias, mas também ao forte apego aos princípios estabelecidos, que se confirmaram mesmo com a análise dos desempenhos da alternativa em questão. Portanto, não se pode afirmar que no estudo de caso o modelo contribuiu positivamente para a manutenção do espírito cooperativo, não durante todo o processo e não entre todos os DMs. Entretanto, verificou-se que ele foi capaz de promover um resultado a partir de uma discussão do problema de maneira participativa e em profundidade.

A proposição cinco trata da **estrutura e flexibilidade** da ferramenta. Buscou-se verificar se o instrumento oferecia suporte funcional (tecnológico) suficiente para a estruturação do problema, permitindo facilmente: modificações, revisões ou alterações de parâmetros ou variáveis e apoio para o consenso. Embora os experimentos numéricos já tivessem apresentado indícios de que os recursos da ferramenta são suficientemente efetivos, o estudo de caso forneceu *insights* adicionais. Alguns comentários evidenciam a percepção dos participantes do grupo, a esse respeito. O DM₄ afirma: “o modelo apresenta de forma clara, visualmente explicativa [...]”. A DM₃ destaca: “observar visualmente os resultados é importante para o resultado final, facilita as decisões”. Já a DM₁ aponta: “uma vez feita a alimentação do sistema, ressaltou-se a importância da automação do gerenciamento das informações fornecidas”.

Sobre o aspecto comportamental, a abordagem proposta no processo de **construção** de consenso requer o espírito cooperativo para que possa evoluir, já que ela depende da disponibilidade de ceder, abrir mão e caminhar em direção ao outro, o que pode ser difícil para algumas pessoas com perfil mais negociador ou competitivo. Entretanto, para outras pessoas, mais cooperativas ou que buscam resultados mais rápidos é mais fácil ceder e a construção de consenso é também mais fácil.

Acerca da participação do analista, observou-se que não é difícil perceber, através da ferramenta, os caminhos (em termos de busca e construção) que podem levar a uma determinada solução. Em outras palavras, a partir da análise pode-se conduzir o grupo para um resultado, de maneira manipulativa. Por isso, consideramos interessante que se busquem meios para que o processo flua sem a interferência muito incisiva do analista, a quem recomenda-se evitar parcialidades.

Para concluir as observações, vale ressaltar que mais tempo para a análise dos dados talvez tivesse evitado a discussão prolongada entre a DM₂ e DM₃. Ocorre que, neste

caso específico, viu-se a posteriori que teria sido mais fácil promover as concessões dos DMs mais distantes para um dos DMs centrais, em vez de buscar o consenso entre as DMs centrais mais próximas. Entretanto, não foi possível identificar uma regra geral válida para casos futuros. De modo geral, o estudo de caso contribuiu de maneira importante para corroborar algumas das proposições, enquanto outras não se verificaram de maneira definitiva.

7.4 Notas conclusivas

O capítulo dedicou-se inteiramente à análise da aplicação do VICA-ELECTRE TRI para ajudar a decisão de um grupo num problema real. O problema em questão trata-se da alocação de vinte estudantes de um curso de línguas em classes ordenadas, segundo seis critérios de avaliação com escalas distintas, tendo em conta as opiniões dos quatro membros do grupo de decisores.

Inicialmente, foram apresentados o contexto do estudo de caso e o planejamento para abordá-lo. Em seguida, o processo desenvolvido foi narrado, mostrando como a decisão de consenso foi alcançada. As observações do analista contrapõem as proposições do estudo às evidências encontradas na seção final.

Contribuições Esperadas e Desenvolvimentos Futuros

Cai *et al.* (2012: 105) afirmam que, embora a decisão em grupo venha sendo adotada frequentemente no ambiente altamente complexo do mundo atual, o problema da classificação multicritério no contexto da decisão em grupo não tem sido estudado suficientemente, concluem que: “*studies on group decision-making sorting problem are worthwhile endeavors*”.

Este trabalho foi estruturado e desenvolvido em três grandes partes. A parte I, apresentou o contexto considerado, uma visão geral do estudo e da área onde está inserido, seu enquadramento e referencial teórico com a correspondente revisão da literatura. Na parte II, foi onde se construiu a proposta do trabalho, nela se apresentou o modelo VICA a sua concepção, formulações e configurações, bem como uma proposta de processo de uso numa aplicação. A parte III buscou validar a proposta através dos métodos científicos-experimentos e estudo de caso.

Este estudo está inserido na área de Apoio à Decisão (CAD), mais especificamente na área dos métodos MCDA, adotando uma abordagem construtivista no apoio ao consenso para a decisão em grupo. O conceito de consenso adotado se diz amplo, porque não se restringe a situações de unanimidade, não se trata apenas de uma medida matemática, nem tão pouco é uma medida de desempenho ou percepção vaga, mas trata-se de uma construção interativa e coletiva que inclui todos esses conceitos.

A problemática tratada é a da classificação, que se apresenta em muitas áreas da atividade humana e para a qual existem vários métodos e abordagem nas mais diversas áreas de conhecimento. Optou-se pela utilização do método ELECTRE TRI, que pertence à família ELECTRE e apoia-se em relações de preferência (*outranking*). Ele foi desenhado especificamente para a classificação e é um dos mais conhecidos e aplicados métodos da MCDA. Dentre os seus pontos fortes, destacam-se a possibilidade de uso de escalas qualitativas e heterogêneas, sem a necessidade de transformações matemáticas ou de normalização. Além disso, não está sujeito a efeitos compensatórios indesejáveis, já que nele, os pesos refletem a importância relativa dos critérios e não taxas de substituição e o veto pode impedir que, desempenhos abaixo dos aceitáveis em algum critério sejam compensados por desempenhos em outros critérios.

O estudo propôs o VICA que trata-se de um modelo desenvolvido em folha de cálculo para apoiar processos de decisão multicritério, no contexto da problemática da classificação e em grupo, com base no método ELECTRE TRI.

O VICA-ELECTRE TRI estrutura-se de forma especialmente pensada para facilitar a organização dos dados multidimensionais do problema e para a obtenção de resultados visuais comparáveis. A partir dos resultados individuais iniciais o modelo utiliza um conjunto amplo de ferramentas para apoiar o grupo na busca ou construção de soluções de consenso. Dentre os recursos utilizados, destacam-se as ferramentas para a análise de hipóteses, que possibilitam a análise sistemática das alterações de parâmetros e o desenho de versões alternativas para o modelo e suas soluções correspondentes. Também fundamental, o modelo conta com as concessões realizadas entre os DMs em termos de importância relativa. Elas são mecanismos eficazes que possibilitam a construção de uma solução coletiva, à medida que aproximam os resultados individuais, que podem assim evoluir para uma solução única.

O modelo proposto foi testado em dois experimentos numéricos com dados extraídos de artigos científicos publicados. Através desses experimentos, foi possível explicar e ilustrar o funcionamento da ferramenta, bem como a aplicação proposta no fluxograma de seu processo de uso. Os resultados numéricos obtidos foram os esperados, e não se verificou nenhum tipo de incorreção nos cálculos ou na lógica do VICA. Os mecanismos para comparação de resultados, as análises de cenários, as tabelas de dados

para variações de parâmetros estruturantes e as concessões dois a dois confirmaram-se muito úteis para a análise de versões do modelo e para o apoio à busca e/ou construção de soluções de consenso.

Em decorrência da acessibilidade, a abordagem proposta pelo VICA configura-o como ferramenta transparente, distanciando-se do denominado modelo “caixa preta”, o que pode contribuir para estimular seu uso como instrumento para o aprendizado e promoção dos métodos e conceitos em foco. A proposta combina algumas características que são capazes de lhe conferir acessibilidade:

- i. É baseada em folha de cálculo (disponibilidade e familiaridade);
- ii. As formulações matemáticas são simples (sem perda de rigor); e
- iii. Usa recursos visuais interativos e intuitivos.

Os recursos visuais interativos permitem facilitar a comunicação e a verificação do impacto das alterações de maneira imediata. Os *displays* visuais simples são meios de refletir, para os DMs, as informações por eles fornecidas, e de alguma forma sintetizadas pelo modelo. Além disso, as *interfaces* visuais e interativas constituem-se poderosos veículos para explorar as implicações decorrentes de alterações de valores nos modelos. Os resultados de pesquisas (Weber *et al.*, 2005) indicam a possibilidade de que, sem o apoio visual, os indivíduos necessitem de explicações textuais mais extensas.

Hodgkin *et al.* (2005) acrescentam que as ferramentas visuais disponíveis em pacotes genéricos para MCDA ainda não são suficientemente adequadas para comunicar resultados e facilitar a análise de sensibilidade. Dessa forma, também se espera que este trabalho venha a contribuir para preencher essa lacuna e para promover o conhecimento e a aplicação do método ELECTRE TRI na solução de problemas reais, comumente encontrados nas organizações.

A proposta não requer que seja assumida *a priori* a existência de uma solução de grupo, embora se possa utilizar, opcionalmente, uma posição do grupo (agregada) para guiar seus membros, como forma de um incentivo mais incisivo ou mesmo como indicação do estágio de desenvolvimento do processo nessa direção. A possibilidade de obtenção de consenso através de revisões individuais, interações dois a dois ou por maioria evita a

necessidade de assumirmos um **supra-decisor**, o que poderia colocar em questão a própria relevância da existência do grupo.

A metodologia não requer, a atribuição de pesos aos decisores, procedimento delicado já que, posto dessa forma, implica atribuir valores diferenciados às perspectivas das pessoas. “O modelo do supra-decisor requer que sejam determinados por comparação interpessoal valores para os membros do grupo. Infelizmente, não existem procedimentos inteiramente satisfatórios para realizar esses *tradeoffs*”¹¹ Han e Ahn (2005: 1205). Assumir a possibilidade de pesar a importância dos indivíduos e construir um decisor médio ou composto, pode não ser considerada a premissa ideal para compreender todas as perspectivas relevantes para o problema, embora possa vir a ser o caminho mais fácil, matematicamente.

Um modelo VICA pode oferecer flexibilidade quanto ao tipo de apoio para análises, uma vez que a proposta pode apoiar tanto análise *What if* (interações diretas, tabelas, cenários), como a simulação e análises do tipo *How to* (otimização). Ela pode ser útil em variados processo e modos de interação entre os membros, como os similares ao *Delphi*, baseados em negociação ou ainda sugeridos pelo modelo (simulação/otimização).

É importante entender as limitações da proposta, sobretudo porque é a partir desse entendimento que se podem estabelecer os desenvolvimentos futuros. Dessa forma, para melhor compreensão e análise, categorizamos as limitações em três tipos: as associadas à estrutura da **ferramenta** utilizada; as associadas ao **método** MCDA aplicado; e as decorrentes do **processo** de aplicação.

A primeira categoria envolve, dentre outras questões, as dimensões do problema. Embora não seja difícil ampliar o número de alternativas, critérios e classes em folhas de cálculo, a eficácia das ferramentas visuais pode ser reduzida em problemas de dimensões muito grandes, também a complexidade das análises pode ser demasiada para lidar com grupos maiores. Outra questão nessa categoria diz respeito ao uso do Excel, a ferramenta não foi testada para uso em outras folhas de cálculo, onde os recursos para as análises *What if* podem ser mais limitados.

¹¹ Tradução livre da autora. No original “*The supra decision-maker model requires that group member’s importance weights can be determined by her/his interpersonal comparison of group member’s values. Unfortunately, there are no entirely satisfactory procedures for making these tradeoffs*” Han e Ahn (2005: 1205).

A segunda categoria de limitações inclui aquelas comumente apontadas na literatura, quando do uso do método ELECTRE TRI. O método, embora bastante aplicado e comparativamente fácil de entender, como já estabelecido anteriormente, requer a correta definição de vários parâmetros fundamentais. Isso faz com que o modelo VICA necessite de um analista que possa lidar razoavelmente com folhas de cálculo e que também tenha alguns conhecimentos básicos acerca do ELECTRE TRI. No entanto, se comparamos o modelo com outras propostas, envolvendo *software* bem menos familiar e métodos bem menos intuitivos, podemos considerar esta uma limitação relativamente menor.

A terceira categoria trata daqueles fenômenos decorrente do processo de aplicação e dos comportamentos humanos possíveis no decorrer das decisões. A decisão em processos MCDA e em grupo podem estar sujeitas a manipulações por membros do grupo, seja por poder de influência, por interesses diversos ou por maior domínio do método. Além disso, se o espírito cooperativo assumido não se verifica, é possível que o processo de evolução para a obtenção de consenso seja paralisado. Por isso, pode ser interessante contar com a ajuda de um facilitador mais experiente em comportamento humano, quando essa questão assumir relevância no contexto.

As linhas de desenvolvimentos futuros deste estudo incluem investigações no sentido de encontrar o modelo ou a versão definitiva de consenso para decisões futuras, aprofundando a questão da “zona cinzenta de possibilidades” apontadas pelos decisores no estudo de caso. Isso envolve, a partir da solução de consenso, definir os intervalos de pesos, para os quais é válida a solução, dados os parâmetros acordados. Também se pode trabalhar o desenvolvimento da ferramenta para experimentação no caso de alternativas com desempenhos subjetivos e diferentes entre DMs, adaptando-se para isso, o uso dos limiares de indiferença e preferência. Ainda é possível investigar a flexibilização do modelo para concessões por critério. Por fim, acreditamos que se pode aplicar os princípios estabelecidos no estudo para uso em diferentes problemáticas e baseados em outros métodos MCDA, bem como avaliar e comparar o desempenho do modelo em processos estruturados de diversas formas.

Os resultados deste estudo reforçam as evidências de que é possível apoiar decisores que buscam encontrar soluções de consenso, transparentes, justificáveis e coletivamente construídas, utilizando para esse apoio os sólidos métodos MCDA e

ferramentas acessíveis e familiares. Dessa forma, espera-se que o trabalho venha a contribuir para desenvolver um terreno fértil para estudos futuros, também voltados para aumentar o conhecimento e a prática da MCDA na solução dos relevantes desafios enfrentados por grupos cooperativos.

Referências Bibliográficas

Almeida-Dias, J. (2010) *Multiple Criteria Decision Aiding for Sorting Problems: concepts, methodologies and applications*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

Almeida-Dias, J.; Figueira, J. R.; Roy, B. (2010) “ELECTRE TRI-C: a multiple criteria sorting method based on characteristic reference actions” *European Journal of Operational Research*. 204(3), 565–580.

Almeida-Dias, J.; Figueira, J. R.; Roy, B. (2012) “A multiple criteria sorting method where each category is characterized by several reference actions: The ELECTRE Tri-nC method” *European Journal of Operational Research*. 217(3), 567–579.

Alonso, S.; Herrera-viedma, E.; Cabrerizo, F. J. (2007) “Using visualization tools to guide consensus in group decision making” *Applications of Fuzzy Sets Theory*. 4578, 77–85.

Araz, C.; Ozkarahan, I. (2007) “Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure” *International Journal of Production Economics*. 106(2), 585–606.

Arrow, K. J.; Raynard, H. (1986) *Social Choice and Multicriterion Decision-Making*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Baldwin, C. (1994) *Calling the Circle: The First and Future Culture*. New York: Bantam.

Bana e Costa, C. A.; Ensslin, L.; Corrêa, E. C.; Vansnick, J-C. (1999). “Decision support systems in action: integrated application in a multicriteria decision aid process” *European Journal of Operational Research*. 113(2), 315–335.

Baucells, M.; Sarin, R. K. (2003) “Group decisions with multiple criteria” *Management Science*. 49(8), 105–1118.

Belton, V.; Ackermann, F.; Shepherd, I. (1997) “Integrated support from problem structuring through to alternative evaluation using COPE and V·I·S·A.” *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 6(3), 115–130.

- Belton, V.; Pictet, J. (1997) “A framework for group decision using a MCDA model: sharing, aggregating or comparing individual information?” *Journal of Decision Systems*. 6(3), 283–303.
- Belton, V.; Stewart, T. J. (2003) “*Multiple Criteria Decision Analysis: an integrated approach*”. London: Klumer Academic Publishers.
- Ben-Arieh, D.; Easton, T. (2007) “Multi-criteria group consensus under linear cost opinion” *Decision Support Systems*. 43, 713-721.
- Bezerra, F. M.; Melo, P.; Costa, J. P. (2008) “Visual and interactive comparative analysis of individual opinions in group decision” *Proceedings of GDN 2008 Conference on Group Decision and Negotiation*. Coimbra: Universidade de Coimbra, 149-150.
- Bezerra, F. M.; Melo, P.; Costa, J. P. (2014) “Visual and interactive comparative analysis of individual opinions: a group decision support tool” *Group Decision and Negotiation*. 23(1), 101-125. <http://link.springer.com/10.1007/s10726-012-9330-6>.
- Bouyssou, D.; Marchant, T.; Pirlot, M.; Tsoukiàs A.; Vincke, Ph. (2006) *Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria: Stepping stones for the analyst*. New York: Springer Science + Business Media, Inc.
- Brans, J-P.; Mareschal, B.; Vincke, Ph. (1986) “How to select and how to rank projects – the PROMETHEE method” *European Journal of Operational Research*. 24, 228–238.
- Brans, J-P.; Mareschal, B. (1994) “PROMOCALC and GAIA decision support system for multicriteria decision aid” *Decision Support Systems*. 12, 297-310.
- Brito, A. J.; Almeida, A. T.; Mota, C. M. M. (2010). “A Multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating utility theory” *European Journal of Operational Research*. 200 (3), 812–821.
- Briggs, R. O.; Vreede G-J.; Nunamaker, J. F.; Tobey, D. (2001) “ThinkLets: achieving predictable, repeatable patterns of group interaction with group support systems (GSS)” *Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii, USA: IEEE Computer Society Press, 3-6.
- Butler, C. T. L.; Rothstein A. (2004) *On Conflict and Consensus: A Handbook on Formal Consensus Decision Making*. Portland: Food Not Bombs Publishing.

- Cai, F. L.; Liao, X.; Wang, K. L. (2012) “An interactive sorting approach based on the assignment examples of multiple decision makers with different priorities” *Annals of Operations Research*. 197(1), 87–108.
- Cailloux, O.; Meyer, P.; Mousseau, V. (2012) “Eliciting ELECTRE TRI category limits for a group of decision makers” *European Journal of Operational Research*. 223(1), 133–140.
- Card, S. K.; Robertson, G. G.; York, W. (1996) “The WebBook and Web Forager: an information workspace for World Wide Web” *Proceedings of SIGCHI 96*, 111-117.
- Clímaco, J. N.; Antunes, C. H. (1994) “On the application of TRIMAP to problems with multiple decision maker” *Annals of Operations Research*. 51, 101-114.
- Cook, W. (2006) “Distance-based and ad hoc consensus models in ordinal preference ranking” *European Journal of Operational Research*. 172, 369–385.
- Costa, J. P.; Melo, P.; Godinho, P.; Dias, L. C. (2003) “The AGAP system: a GDSS for project analysis and evaluation” *European Journal of Operational Research*. 145(2), 287–303.
- Damart, S.; Dias, L. C.; Mousseau, V. (2007) “Supporting groups in sorting decisions: methodology and use of a multi-criteria aggregation/disaggregation DSS” *Decision Support Systems*. 43(4), 1464–1475.
- De Brucker, K.; Macharis, C.; Verbeke, A. (2013) “Multi-criteria analysis and the resolution of sustainable development dilemmas: a stakeholder management approach” *European Journal of Operational Research*. 224(1), 122–131.
- DeSanctis, G.; Gallupe, B. (1987) “A foundation for the Study of group decision support systems” *Management Science*. 33(5), 589–609.
- Devaud, J. M.; Groussaud, G.; Jacquet-Lagrèze, E. (1980) “Utadis: une méthode de construction de fonctions d'utilité additives rendant compte de jugements globaux” *12th Meeting of the EURO Working Group on Multiple Criteria Decision Aiding*, 9-10 de outubro de 1980. Bochum: Germany

Dias, L. C. (2000) *A informação imprecisa e os modelos multicritério de apoio à decisão: identificação e uso de conclusões robustas*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Economia. Universidade de Coimbra.

Dias, L. C. (2006) “Fórum: some thoughts on the role of robustness analysis in decision aiding processes” *EWG-MCDA Newsletter*. 3(13)

<http://www.inescc.pt/~ewgmcda/ForDias.html>

Dias, L. C.; Clímaco, J. N. (2000a) “ELECTRE TRI for groups with imprecise information on parameter values” *Group Decision and Negotiation*. 9, 355–377.

Dias, L. C.; Clímaco, J. N. (2000b) “Additive aggregation with variable independent parameters: the VIP analysis software” *Journal of the Operational Research Society*. 51(9), 1070–1082.

Dias, L. C.; Clímaco, J. N. (2005) “Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and a GDSS architecture” *European Journal of Operational Research*. 160(2), 291–307.

Dias, L. C.; Mousseau, V.; Figueira, J. R.; Clímaco, J. N. (2002) “An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI” *European Journal of Operational Research*. 138(2), 332–348.

Dias, L. C.; Mousseau, V. (2003) “Iris: a DSS for multiple criteria sorting problems” *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 12(4-5), 285–298.

Dias, L. C.; Mousseau, V. (2006) “Inferring ELECTRE’s veto-related parameters from outranking examples” *European Journal of Operational Research*. 170(1), 172–191.

Dimitras, A. I.; Zopounidis, C.; Hurson, C. (1995) “Multicriteria decision aid method for the assessment of business failure risk” *Foundations of Computing and Decision Sciences*. 20(2), 99–112.

Doumpos, M.; Zopounidis, C. (1998) “The use of the preference disaggregation analysis in the assessment of financial risks.” *Fuzzy Economic Review*. 3(1), 39–57.

Doumpos, M.; Zopounidis, C. (2002) “Business failure prediction: a comparison of classification methods” *Operations Research: An International Journal*. 2(3), 303–319.

- Doumpos, M.; Zopounidis, C. (2004) “A multicriteria classification approach based on pairwise comparisons” *European Journal of Operational Research*. 158(2), 378–389.
- Eklund, P.; Rusinowska, A.; De Swart, H. (2007) “Consensus reaching in committees” *European Journal of Operational Research*. 178(1), 185–193.
- Figueira, J. R.; Roy, B. (2002) “Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos’ procedure” *European Journal of Operational Research*. 139, 317-326.
- Figueira, J. R.; Greco, S.; Ehrgott, M. (eds.) (2005) “Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys” *International Series in Operations Research & Management Science 2* (78). New York: Springer.
- Figueira, J. R.; Greco, S.; Roy, B.; Slowinski, R. (2010). “ELECTRE methods: main features and recent developments” Zopounidis, Constantin; Pardalos, P. M. (eds.) *Handbook of Multicriteria Analysis in Applied Optimization* 103(3) 51–89: Springer.
- Figueira, J. R.; Almeida-Dias, J.; Matias, S.; Roy, B.; Carvalho, M. J.; Plancha, C. E. (2011) “ELECTRE TRI-C, a multiple criteria decision aiding sorting model applied to assisted reproduction” *International Journal of Medical Informatics*. 80(4), 262–273.
- Figueira, J. R.; Greco, S.; Roy, B.; Słowiński, R. (2013) “An overview of ELECTRE methods and their recent extensions” *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 20, 61–85.
- Forman, E. H.; Selly, M. A. (2001) *Decision by Objectives*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Geoffrion, J. D.; Feinberg, A. (1972) “An interactive approach for multi-criterion optimization, with an application to the operation of an academic department” *Management Science*. 19, 357–368.
- Freeman, E. R. (1984) *Strategic Management: a stakeholder approach*. Boston: Pitman.
- Gabriel, K. R. (1981) “Biplot display of multivariate matrices for inspection of data and diagnosis” Barnett, V. (ed.) *Interpreting Multivariate Data*. Chichester, UK: Wiley, 147-174.

Goodwin, P.; Wright, G. (2001) *Decision Analysis for Management Judgement*. Great Britain: John Wiley & Sons.

Han, C. H.; Ahn, B. S. (2005) “Interactive group decision-making procedure using weak strength of preference” *Journal of the Operational Research Society*. 56(10),1204–12.

Herrera-Viedma E.; Herrera, F.; Chiclana, F. (2002) “A consensus model for multiperson decision making with different preference structures” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 32(3): 394–402.

Hodgkin, J. ; Belton, V.; Koulouri, A. (2005) “Supporting the intelligent MCDA user: a case study in multi-Person multi-Criteria decision support” *European Journal of Operational Research*. 160(1), 172–189.

Hokkanen J.; Salminen, P. (1994) “The choice of a solid waste management system by using the ELECTRE III decision-aid method” in Paruccini, M. (ed.) *Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Hwang, Ching-Lai.; Lin, M-J. (1987) “Group decision making under multiple criteria” *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. 281. Springer-Verlag.

Hyde, K. M.; Maier, H. R. (2006) “Distance-Based and stochastic uncertainty analysis for multi-criteria decision analysis in Excel using Visual Basic for Applications” *Environmental Modelling & Software*. 21(12), 1695–1710.

Hutchins, E. (1995) *Distributed Cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.

Ishizaka, A.; Nemery, Ph. (2013) “A multi-criteria group decision framework for partner grouping when sharing facilities” *Group Decision and Negotiation*. 22(4), 773-799.

Janis, I. L. (1982). *Groupthink*. Boston: Houghton Mifflin Company.

Kadziński, M.; Ciomek, K.; Słowiński. R. (2015) “Modeling assignment-based pairwise comparisons within integrated framework for value-driven multiple criteria sorting” *European Journal of Operational Research*. 241(3), 830–41.

- Keller, T.; Gerjets, P.; Scheiter, K.; Garsoffky, B. (2006) “Information visualizations for knowledge acquisition: the impact of dimensionality and color coding” *Computers in Human Behavior*. 22, 43–65.
- Kendall, M. (1955) *Rank Correlation Methods*. New York: Hafner Publishing Co.
- Kersten, G. E. (1994) “Support for group decision and negotiations an overview” in Clímaco, J. N. (ed.) *Proceedings of the 11th International Conference on MCDM*, Coimbra, Portugal: Springer, 331–346.
- Keeney, Ralph L.; Raiffa, H. (1976) *Decisions With Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. John Wiley.
- Kolfschoten G. L.; Hengst-Bruggeling M.; Vreede G-J. (2007) “Issues in the design of facilitated collaboration processes” *Group Decision and Negotiation*. 16, 347–361.
- Korhone, P. (2005) “Interactive methods” Figueira, J. R.; Greco, S.; Ehrgott, M. (eds.) (2005) *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the art surveys in International Series in Operations Research & Management Science* 2 (78). New York: Springer.
- Kroese D. P.; Brereton T.; Taimre T.; Botev Z. I. (2014) “Why the Monte Carlo method is so important today” *WIREs Comput Stat*. 6, 386–392.
- Larichev, O. I.; Moshkovich, H. (1994) “An approach to ordinal classification problems” *International Transactions in Operational Research*. 1(3), 375–385.
- Larichev, O. I.; Kortnev, A. V.; Kochin, D. Y. (2002) “Decision support system for classification of a finite set of multicriteria alternatives” *Decision Support Systems*. 33(1), 13–21.
- Losa, F. B.; Van den Honert, R.; Joubert, A. (2001) “The Multivariate Analysis Biplot as tool for conflict analysis in MCDA” *Journal of Multicriteria Decision Analysis*. 10, 173–284.
- Lourenço, R. P.; Costa, J. P. (2004) “Using ELECTRE TRI outranking method to sort MOMILP nondominated solutions” *European Journal of Operational Research*. 153(2), 271–289.

Macary, F.; Almeida-Dias, J.; Figueira, J. R.; Roy, B. (2014) “A multiple criteria decision analysis model based on ELECTRE TRI-C for Erosion risk assessment in agricultural areas” *Environmental Modeling & Assessment*. 19(3),221–242.

Marakas, G. (2003) *Decision Support Systems in 21st century*. New Jersey: Prentice Hall.

María, J.; Jiménez, M.; Joven, J. A.; Pirla, A. R.; Lanuza, A. T. (2005) “A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP-group decision making” *Group Decision and Negotiation*. 14(2), 89–108.

Marichal, J. L.; Meyer, P.; Roubens, M. (2005) “Sorting multi-attribute alternatives: the TOMASO method” *Computers & Operations Research*. 32(4), 861–877.

Martz, W. B.; Shepherd, M. M. (2004) “Group consensus: the impact of multiple dialogues” *Group Decision and Negotiation*. 13, 315–325.

Massaglia, R.; Ostanello A. (1991) “N-Tomic: a support system for multicriteria segmentation problems” in Korhonen, P.; Lewandowski, A.; Wallenius, J. (eds.) *Multiple Criteria Decision Support: Proceedings of Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 167–174.

Matos, M. A. (2008) “Harmonizing priority weight and indifference judgments in value function implementation” *European Working Group- Multiple Criteria Decision Aiding*. 3 (18).

Melo, P. (2005) *Grupos Distribuídos, Tomada de Decisão e Posições Individuais: etapas de um percurso*. Tese de Doutorado, Faculdade de Economia. Universidade de Coimbra.

Merad, M. M.; Verdel, T.; Roy, B.; Kouniali, S. (2004) “Use of multi-criteria decision-aids for risk zoning and management of large area subjected to mining-induced hazards” *Tunnelling and Underground Space Technology*. 19(2), 125–138.

Michaelis (2012) *Moderno Dicionário da Língua Portuguesa*. São Paulo: Melhoramentos.

Moscarola, J.; Roy, B. (1977). “Procédure automatique d’examen de dossiers fondée sur une segmentation trichotomique en présence de critères multiples” *R.A.I.R.O. Recherche Opérationnelle / Operations Research*. 11(2), 145–173.

- Moore, C. M. (1994). *Group Techniques for Idea Building*. Newcastle: Sage.
- Morton, A.; Ackermann, F.; Belton, V. (2001) “Technology-driven and model-driven approaches to group decision support: focus, research philosophy, and key concepts” *Research Paper 2001/1, Management Science Department, Strathclyde Business School*.
- Mota, C. M. M.; Almeida, A. T. (2012) “A Multicriteria decision model for assigning priority classes to activities in project management” *Annals of Operations Research*. 199(1),361–72.
- Mousseau, V.; Slowinski, R. (1998). “Inferring an ELECTRE TRI model from assignment examples” *Journal of Global Optimization*. 12(2), 157–174.
- Mousseau, V.; Slowinski, R.; Zielniewicz, P. (2000) “A user-oriented implementation of the ELECTRE TRI method integrating preference elicitation support” *Computers & Operations Research*. 27(7-8), 757–777.
- Mousseau, V.; Figueira, J. R.; Naux J-P. (2001) “Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: some experimental results” *European Journal of Operational Research*. 130(2), 263–275.
- Mousseau, V.; Figueira, J. R.; Dias, L. C.; Silva, G. C.; Clímaco, J. N. (2003). “Resolving inconsistencies among constraints on the parameters of an MCDA model” *European Journal of Operational Research*. 147, 72–93.
- Mousseau, V.; L. C. Dias, and J. R. Figueira (2006). “Dealing with inconsistent judgments in multiple criteria sorting models” *4OR: A Quarterly Journal of Operations Research*. 4(2), 145–158.
- Ngo The, A.; Mousseau, V. (2002) “Using assignment examples to infer category limits for the ELECTRE TRI Method” *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 11(1), 29–43.
- Norese, M. F.; Viale, S. (2002) “A Multi-profile sorting procedure in the public administration” *European Journal of Operational Research*. 138(2), 365–379.
- Nemery, Ph.; Lamboray, C. (2008) “FlowSort: a flow-based sorting method with limiting or central profiles” *TOP*. 16(1), 90–113.

- Ness, J.; Hoffman, C. (1998) *Putting Sense into Consensus: Solving the Puzzle of Making Team Decisions*. Whashington: Judy Ness.
- Neves, L. P.; Martins, A. C.; Antunes, C. H.; Dias, L. C. (2008) “A multi-criteria decision approach to sorting actions for promoting energy efficiency” *Energy Policy*. 36(7), 2351–63.
- Nowak, M. (2004) “Preference and veto thresholds in multicriteria analysis based on stochastic dominance” *European Journal of Operational Research*. 158(2), 339–350.
- Nunamaker, J. F.; Briggs, R. O.; Mittleman, D. D.; Vogel, D. R.; Balthazard, P. A. (1997) “Lessons from a dozen years of group support systems research: a discussion of lab and field findings” *Journal of Management Information Systems*. 13(3), 163–207.
- Perny, P. (1998). “Multicriteria filtering methods based on concordance and non-discordance principles” *Annals of Operations Research*. 80, 137–165.
- Pictet, J. (2007) “Fórum: robustness analysis in practice” *EWG-MCDA Newsletter*. 15, <http://www.inescc.pt/~ewgmcd/ForPictet.html>
- Pruitt, D. (1971) “Choice shifts in group discussions: an introductory review” *Journal of Personality and Social Psychology*. 30, 339-360.
- Raiffa, H.; Richardson, J.; Metcalfe, D. (2002) *Negotiation analysis: the science and art of collaborative decision making*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.
- Ragsdale, C. T. (2004) *Spreadsheet Modeling & Decision Analysis: A Pratical introduction to Management Science*. Ohio: Thomson Learning.
- Rigopoulos, G.; Psarras, J.; Askounis, D. (2008) “Fuzzy assignment procedure based on categories boundaries” *American Journal of Applied Sciences*. 5(7), 844–851.
- Rogers, M.; Bruen, M. (1998) “Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environmental criteria within ELECTRE” *European Journal of Operational Research*. 107(3), 542–551.
- Rogers, M.; Bruen, M.; Maystre, L-Y. (2000) “ELECTRE and decision support: methods and applications” *Engineering and Infrastructure Investment*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Rosenhead, J.; Mingers, J. (eds.) (2001) *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*. Wiley
- Rosenhead, J. (2002) “Fórum: robustness analysis” *EWG-MCDA Newsletter*. 3(6), <http://www.inescc.pt/~ewgmcda/ForRosenh.html>
- Roy, B. (1985) *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Paris: Economica.
- Roy, B. (1991) “The outranking foundations approach and the methods” *Theory and Decision*. 31, 49–73.
- Roy, B. (1993) “Decision science or decision-aid science?” *European Journal of Operational Research*. 66, 184-203.
- Roy, B. (1999) “Decision-aiding today: what should we expect? ” Gal, T.; Stewart, T. J.; Hanne, T. (eds.) *Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory, and Applications*. New York: Springer US, 1–35.
- Roy, B. (2003) “Fórum: robustness analysis” *EWG-MCDA Newsletter*. 3(8), <http://www.inescc.pt/~ewgmcda/ForRoy.html>
- Roy, B. (2005). “Paradigms and challenges” in Figueira, J. R.; Greco, S.; Ehrgott, M. (eds.) (2005) “Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys” *International Series in Operations Research & Management Science 2* (78). New York: Springer.
- Roy, B.; Bouyssou, D. (1993). *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*. Paris: Economica.
- Roy, B.; Vincke, Ph. (1984) “Relational systems of preference with one or more pseudo-criteria : some new concepts and results” *Management Science*. 30 (11), 1323–1335.
- Roubens, M. (2002) “Ordinal multiattribute sorting and ordering in the presence of interacting points of view” in Bouyssou, D.; Jacquet-Lagrèze. E.; Perny, P.; Slowinski, R.; Vanderpooten, D.; Vincke, Ph. (eds.), “Aiding decisions with multiple criteria: essays in honour of Bernard Roy” *International Series in Operations Research and Management Science*. Boston, USA: Kluwer Academic Publishers. 44, 229–248.
- Saaty, T. (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw Hill.
- Schwarz, R. (2002). *The Skilled Facilitator*. San Francisco: Jossey-Bass.

- Simon, H. A. (1990) “Prediction and prescription in systems modeling” *Operations Research*. 38(1), 7-14.
- Simos, J. (1990) *L'évaluation environnementale: un processus cognitif négocié*. Thèse de doctorat, DGF-EPFL, Lausanne.
- Siskos, Y.; Grigoroudis, E.; Matsatsinis, N. F. (2005) “UTA methods” in Figueira, J. R.; Greco, S.; Ehrgott, M. (eds.) “Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys” in *International Series in Operations Research & Management Science* 2 (78). New York: Springer.
- Spearman, C. (1904) “The proof and measurement of association between two things” *American Journal of Psychology*. 15(1), 72–101.
- Steuer, R. E. (1977) “An interactive multiple objective linear programming procedure. TIMS Studies” *Management Science*. 6, 225–239.
- Stewart, T. J. (1981) “A descriptive approach to multiple-criteria decision making” *Journal of Operational Research Society*. 32, 45-53.
- Stewart, T. J. (2008) “Forum: robustness analysis and MCDA” *EWG-MCDA Newsletter*. 3(18), <http://www.inescc.pt/~ewgmcda/ForStewart.pdf>
- Tervonen, T.; Figueira, J. R.; Lahdelma, R.; Almeida-Dias, J.; Salminen, P. (2009) “A stochastic method for robustness analysis in sorting problems” *European Journal of Operational Research*. 192(1), 236–242.
- Tervonen, T.; Van Valkenhoef, G.; Baştürk, N.; Postmus, D. (2013) “Hit-and-run enables efficient weight generation for simulation-based multiple criteria decision analysis” *European Journal of Operational Research*. 224(3), 552–59.
- Turcksin, L.; Macharis, C.; Lebeau, K.; Boureima, F.; Van Mierlo, J.; Bram, S.; De Ruych, J.; Mertens, L.; Jossart, J-M.; Gorissen, L.; Pelkmans, L. (2011) “A multi-actor multi-criteria framework to assess the stakeholder support for different biofuel options: the case of Belgium” *Energy Policy*. 39(1), 200–214.
- Tsoukiàs, A. (2007) “On the concept of decision aiding process: an operational perspective” *Annals of Operations Research*. 154 (1), 3–27.

- Vetschera, R. (1991) “Integrating databases and preference evaluations in group decision support: a feedback-oriented approach” *Decision Support Systems*. 7, 67–77.
- Vetschera, R.; Chen, Y.; Hipel, K. W.; Kilgour, M. D. (2010) “Robustness and information levels in case-based multiple criteria sorting” *European Journal of Operational Research*. 202(3), 841–852.
- Vidal, R. V. (2006) “Operational research: a multidisciplinary field” *Pesquisa Operacional*. 26(1), 69-90.
- Vincke, Ph. (1992) *Multicriteria Decision-Aid*. Chichester: Wiley & Sons.
- V.I.S.A. (2008): Web groupware software <http://www.simul8.com/products/visagroup.htm>
- V.I.S.A. (2015): Web based multi-criteria software. <http://www.visadecision.com/>.
- Ware, C. (2013) *Information Visualization: perception for design*. USA: Elsevier.
- Weber, M.; Kersten, G. E.; Hine, M. J. (2006). “Visualization in e-negotiations: an Inspire ENS Graph is worth 334 words, on average” *Electronic Markets* 16(3), 186-200.
- Winston, W. L. (1996). *Simulation Modeling Using @Risk*. Duxbury Press.
- Wu, Z.; Xu, J. (2012) “A concise consensus support model for group decision making with reciprocal preference relations based on deviation measures” *Fuzzy Sets and Systems*. 206, 58–73.
- Yin, R. K. (2010) *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.
- Yu W. (1992) *Aide multicritère à la décision dans le cadre de la problématique du tri: concepts, méthodes et applications*. Thèse de doctorat, Université Paris-Dauphine.
- Zarató, P. (2013) “Tools for collaborative decision-making” in Pomerol, J-C. (ed.) *Focus Series in Computer Engineering an IT*. London : ISTE.
- Zionts, S.; Wallenius, J. (1976) “An interactive programming method for solving the multiple criteria problem” *Management Science*. 22, 652–663.

Zopounidis, C.; Doumpos, M. (1999a) “Business failure prediction using the Utadis multicriteria analysis method” *Journal of the Operational Research Society*. 50(11), 1138–1148.

Zopounidis, C.; Doumpos, M. (1999b) “A multicriteria decision aid methodology for sorting decision problems: the case of financial distress” *Computational Economics*. 14(3), 197–218.

Zopounidis, C.; Doumpos, M. (2000) “Building additive utilities for multi-group hierarchical discrimination: The M.h.dis method.” *Optimization Methods and Software*. 14(3), 219–240.

Zopounidis, C.; Doumpos, M. (2002a) “Multicriteria classification and sorting methods: a literature review” *European Journal of Operational Research*. 138, 229-246.

Zopounidis, C.; Doumpos, M. (2002b) “Multi-criteria decision aid in financial decision making: methodologies and literature review” *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 11(4-5), 167–186.

Apêndices

Apêndice A - Dados do experimento numérico 1

Tabela 31 - Descrição das categorias

Categorias	Descrição
K_5	Risco Muito Baixo
K_4	Risco Baixo
K_3	Risco Médio
K_2	Risco Alto
K_1	Risco Muito Alto

Tabela 32 - Descrição dos critérios

Crítérios	Descrição	Objetivo
g_1	Resultado Antes de Juros e Impostos/ Total de Ativos	Max
g_2	Resultado Líquido/Capital Próprio	Max
g_3	Passivo Total/Ativo Total	Min
g_4	Juros/Vendas	Min
g_5	Despesas Gerais e Administrativas/Vendas	Min
g_6	Experiência dos Gestores	Max
g_7	Participação de Mercado (<i>Market Share</i>)	Max

Tabela 33 - Desempenho dos perfis (limite entre as classes)

Perfis				
Crítérios	b_4	b_3	b_2	b_1
g_1	25	8	0	-10
g_2	30	-20	-40	-60
g_3	35	60	75	90
g_4	10	18	23	28
g_5	14	22	32	40
g_6	5	4	2	0
g_7	4	3	2	0

Tabela 34 - Limiares e importância relativa dos critérios por DM

Critérios							
Parâmetros	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
q_j	1	4	1	1	0	0	0
p_j	2	6	3	2	3	0	0
v_j	ND						
w_j^1	0.150	0.300	0.150	0.150	0.150	0.050	0.050
w_j^2	0.083	0.502	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
w_j^3	0.143	0.143	0.143	0.000	0.000	0.286	0.285
w_j^4	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143

Tabela 35 - Desempenho das alternativas em cada critério

Critérios							
Alternativa	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
a_0	35.80	67.00	19.70	0.00	0.00	5.00	4.00
a_1	16.40	14.50	59.80	7.50	5.20	5.00	3.00
a_2	35.80	24.00	64.90	2.10	4.50	5.00	4.00
a_3	20.60	61.70	75.70	3.60	8.00	5.00	3.00
a_4	11.50	17.10	57.10	4.20	3.70	5.00	2.00
a_5	22.40	25.10	49.80	5.00	7.90	5.00	3.00
a_6	23.90	34.50	48.90	2.50	8.00	5.00	3.00
a_7	29.90	44.00	57.80	1.70	2.50	5.00	4.00
a_8	8.70	5.40	27.40	4.50	4.50	5.00	2.00
a_9	25.70	29.70	46.80	4.60	3.70	4.00	2.00
a_{10}	21.20	24.60	64.80	3.60	8.00	4.00	2.00
a_{11}	18.30	31.60	69.30	2.80	3.00	4.00	3.00
a_{12}	20.70	19.30	19.70	2.20	4.00	4.00	2.00
a_{13}	9.90	3.50	53.10	8.50	5.30	4.00	2.00
a_{14}	10.40	9.30	80.90	1.40	4.10	4.00	2.00
a_{15}	17.70	19.80	52.80	7.90	6.10	4.00	4.00

Continua

Continuação

<i>Alternativa</i>	<i>g₁</i>	<i>g₂</i>	<i>g₃</i>	<i>g₄</i>	<i>g₅</i>	<i>g₆</i>	<i>g₇</i>
<i>a₁₆</i>	14.80	15.90	27.90	5.40	1.80	4.00	2.00
<i>a₁₇</i>	16.00	14.70	53.50	6.80	3.80	4.00	4.00
<i>a₁₈</i>	11.70	10.00	42.10	12.20	4.30	5.00	2.00
<i>a₁₉</i>	11.00	4.20	60.80	6.20	4.80	4.00	2.00
<i>a₂₀</i>	15.50	8.50	56.20	5.50	1.80	4.00	2.00
<i>a₂₁</i>	13.20	9.10	74.10	6.40	5.00	2.00	2.00
<i>a₂₂</i>	9.10	4.10	44.80	3.30	10.40	3.00	4.00
<i>a₂₃</i>	12.90	1.90	65.00	14.00	7.50	4.00	3.00
<i>a₂₄</i>	5.90	-27.70	77.40	16.60	12.70	3.00	2.00
<i>a₂₅</i>	16.90	12.40	60.10	5.60	5.60	3.00	2.00
<i>a₂₆</i>	16.70	13.10	73.50	11.90	4.10	2.00	2.00
<i>a₂₇</i>	14.60	9.70	59.50	6.70	5.60	2.00	2.00
<i>a₂₈</i>	5.10	4.90	28.90	2.50	46.00	2.00	2.00
<i>a₂₉</i>	24.40	22.30	32.80	3.30	5.00	3.00	4.00
<i>a₃₀</i>	29.50	8.60	41.80	5.20	6.40	2.00	3.00
<i>a₃₁</i>	7.30	-64.50	67.50	30.10	8.70	3.00	3.00
<i>a₃₂</i>	23.70	31.90	63.60	12.10	10.20	3.00	2.00
<i>a₃₃</i>	18.90	13.50	74.50	12.00	8.40	3.00	3.00
<i>a₃₄</i>	13.90	3.30	78.70	14.70	10.10	2.00	2.00
<i>a₃₅</i>	-13.30	-31.10	63.00	21.20	23.10	2.00	1.00
<i>a₃₆</i>	6.20	-3.20	46.10	4.80	10.50	2.00	1.00
<i>a₃₇</i>	4.80	-3.30	71.10	8.60	11.60	2.00	2.00
<i>a₃₈</i>	0.10	-9.60	42.50	12.90	12.40	1.00	1.00
<i>a₃₉</i>	13.60	9.10	76.00	17.10	10.30	1.00	1.00

Apêndice B - Cenário do experimento numérico 1

Figura 50 - Cenário para o caso de risco falência das empresas

λ	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78	0.8	0.82	0.84	0.86	0.88	0.9	0.92	0.94	0.96	0.98	1	
a0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
a3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
a10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a19	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a21	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
a22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a24	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
a25	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a26	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
a27	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a28	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
a29	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
a30	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a31	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
a32	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
a33	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a34	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
a35	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
a36	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
a37	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
a38	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
a39	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
λ	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78	0.8	0.82	0.84	0.86	0.88	0.9	0.92	0.94	0.96	0.98	1	
(?)	12	10	10	10	15	15	10	9	9	5	0	14	14	14	0	0	0	0	0	

Apêndice C - Dados do experimento numérico 2

Tabela 36 - Desempenho das alternativas em cada critério

Critérios										
Alternativas	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
a_1	5.8	10	0	20	0	35	2.37	6.8	3.6	20
a_2	4.8	0	40	0	0	70	1.28	1.83	0.2	10
a_3	9.7	10	10	0	30	200	1.67	0.84	7.4	30
a_4	10.4	10	10	10	30	203	1.68	0.83	9	20
a_5	9.7	0	10	0	10	222	1.2	0.54	1.8	20
a_6	9.8	10	0	20	0	50	1.27	2.54	6.7	20
a_7	12.3	0	0	0	30	155	0.96	0.61	14.1	10
a_8	11.2	10	0	0	30	180	0.71	0.39	6.4	20
a_9	11.3	0	40	20	0	115	2.18	1.89	2.5	10
a_{10}	11	10	0	10	30	170	0.31	0.18	2.6	20

Tabela 37 - Parâmetros do modelo

Critérios										
Parâmetros	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
q_j	0.05	0	0	0	0	10	0.1	0.05	0.5	0
p_j	0.1	0	0	0	0	20	0.2	0.09	1	0
w_j	5	1	1	1	5	1	1	20	1	10

Tabela 38 - Importância relativa dos critérios atribuídas por cada DM

Critérios										
Pesos	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
w_j^1	11.5%	2%	2%	2%	11.5%	2%	2%	43%	2%	22%
w_j^2	10.8%	6%	6%	6%	10.8%	6%	6%	26%	6%	16%
w_j^3	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
w_j^4	3.25%	14.5%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	14.5%	3.25%	14.5%	3.25%

Tabela 39 - Desempenhos dos perfis das classes

Perfis			
Crítérios	b_3	b_2	b_1
g_1	8	10	14
g_2	0	10	10
g_3	10	10	40
g_4	10	10	20
g_5	10	10	20
g_6	190	150	110
g_7	1	1.4	1.8
g_8	0.63	0.82	1
g_9	6	20	35
g_{10}	20	20	30

Tabela 40 - Alocações resultantes no estudo original

Resultados em Merad <i>et al.</i> (2004)		
Alternativas	Categorias	Análise de Sensibilidade
a_1	1	Categoria 1 e 2
a_2	1	Categoria 1 e 2
a_3	2	Estável
a_4	2	Estável
a_5	4	Categoria 3 e 4
a_6	1	Categoria 1 e 2
a_7	3	Categoria 3 e 4
a_8	4	Categoria 3 e 4
a_9	1	Categoria 1 e 2
a_{10}	4	Estável

Tabela 41 - Resultados probabilísticos das simulações em Tervonen *et al.* (2009)

Resultados em Tervonen <i>et al.</i> (2009)				
Alternativas	K₁	K₂	K₃	K₄
<i>a₁</i>	100%	0%	0%	0%
<i>a₂</i>	100%	0%	0%	0%
<i>a₃</i>	0%	100%	0%	0%
<i>a₄</i>	0%	100%	0%	0%
<i>a₅</i>	0%	0%	2%	98%
<i>a₆</i>	100%	0%	0%	0%
<i>a₇</i>	0%	34%	54%	12%
<i>a₈</i>	0%	34%	10%	56%
<i>a₉</i>	100%	0%	0%	0%
<i>a₁₀</i>	0%	0%	0%	0%

Apêndice D - Roteiro para orientar as observações do analista no estudo de caso

1. A experiência proporcionou meios para que o grupo adquirisse mais conhecimentos sobre o problema?
2. A ferramenta usada facilitou a compreensão do método e dos resultados obtidos?
3. A ferramenta permite facilmente modificações, revisões ou alterações de parâmetros ou variáveis?
4. É possível afirmar que o processo foi capaz de reforçar a convicção quanto à qualidade das decisões tomadas?
5. Quanto à transparência da forma como os resultados são obtidos, o processo ofereceu alguma contribuição?
6. Os resultados conforme obtidos serão efetivamente utilizados?
7. As decisões futuras serão de alguma forma influenciadas pelo processo e/ou ferramenta?
8. Todos os envolvidos puderam participar da obtenção do resultado?
9. O espírito cooperativo esteve presente no decorrer de todo o processo?

Apêndice E - Procedimentos para a condução do estudo de caso

1. Obtenção de autorização para realização do estudo
2. Definição de uma estrutura de dados e parâmetros
 - 2.1. Estruturação do problema sob a forma de alternativas, categorias e critérios;
 - 2.2. Coleta de dados de desempenho das alternativas; e
 - 2.3. Definição de parâmetros
 - 2.3.1. Limites das classes;
 - 2.3.2. Limiares de indiferença e preferência;
 - 2.3.3. Preferência relativa dos critérios; e
 - 2.3.4. Limiares de Corte.
3. Processamento e Análise inicial do Problema
 - 3.1. Desempenhos de A por critério;
 - 3.2. Resultados individuais; e
 - 3.3. Resultados G consenso.
4. Revisões para a solução de consenso
 - 4.1. Modificações das importâncias relativas;
 - 4.2. Análise das versões do modelo;
 - 4.3. Resultado para Classificação final; e
 - 4.3.1. Numérico; e
 - 4.3.2. Visual.
5. Análise do Estudo de caso
 - 5.1. Observações do investigador participante, com base no roteiro (Apêndice D);
 - 5.2. Limitações, pontos fortes e evoluções possíveis.

Apêndice F - Dados do estudo de caso

Tabela 42 - Desempenho dos Estudantes

Critérios						
Alternativas	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
a_1	2	7	20	8	6	50
a_2	4	10	80	10	9	95
a_3	4	10	80	10	9	95
a_4	2	9	60	9	7	60
a_5	2	4	85	9	8	85
a_6	4	7	75	6	5	80
a_7	1	5	90	7	8	89
a_8	1	3	30	5	2	20
a_9	3	8	70	8	6	30
a_{10}	2	7	40	7	5	45
a_{11}	3	2	20	6	3	50
a_{12}	5	9	90	10	9	99
a_{13}	1	4.5	25	10	2	88
a_{14}	3	7	75	7	7	65
a_{15}	4	8	35	7.5	5	70
a_{16}	2	4	60	10	5	55
a_{17}	2	7.5	95	9	9	98
a_{18}	1	2	10	3	3	25
a_{19}	1	2	15	4	4	35
a_{20}	4	1	75	9	8	95

Tabela 43 - Parâmetros do modelo

Critérios						
Parâmetros	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
q_j	0	0	0	0	0	0
p_j	0	0	0	0	0	0
v_j	∞	∞	∞	∞	∞	∞

Tabela 44 - Importância relativa dos critérios atribuídas por cada DM

Critérios						
Pesos	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
w_j^1	25%	15%	15%	15%	20%	10%
w_j^2	30%	15%	20%	10%	15%	10%
w_j^3	30%	15%	20%	15%	15%	5%
w_j^4	25%	15%	25%	15%	10%	10%

Tabela 45 - Desempenhos dos perfis das classes

Perfis			
Critérios	b_3	b_2	b_1
g_1	4	3	2
g_2	8	6	4
g_3	80	60	30
g_4	9	7	5
g_5	8	6	4
g_6	90	70	50

Tabela 46 - Alocações resultantes no estudo de caso

Resultados da Classificação		
Alternativas	Categoria Final	Divergências Iniciais
<i>a₁</i>	2	Consenso
<i>a₂</i>	4	Consenso
<i>a₃</i>	2	Consenso
<i>a₄</i>	2	Consenso
<i>a₅</i>	2	Categoria 2 e 3
<i>a₆</i>	1	Categoria 1 e 2
<i>a₇</i>	1	Consenso
<i>a₈</i>	3	Consenso
<i>a₉</i>	2	Consenso
<i>a₁₀</i>	1	Consenso
<i>a₁₁</i>	4	Consenso
<i>a₁₂</i>	1	Consenso
<i>a₁₃</i>	3	Consenso
<i>a₁₄</i>	2	Consenso
<i>a₁₅</i>	2	Consenso
<i>a₁₆</i>	2	Categoria 2 e 3
<i>a₁₇</i>	1	Consenso
<i>a₁₈</i>	1	Consenso
<i>a₁₉</i>	3	Consenso
<i>a₂₀</i>	3	Consenso